

PENGARUH JENIS KONDUKTOR DAN PEMBERSIHAN ELEKTROLISIS TERHADAP KUALITAS WARNA DAN KONDUKTIFITAS PERMUKAAN ALUMINIUM

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

Corresponding email*:
haris.puspito@polinema.ac.id

Received: 26-08-2020
Accepted: 15-12-2020
Published: 28-12-2020

©2020 Politala Press.
All Rights Reserved.

Utsman Syah Amrullah ¹⁾, Mochamad Muzaki ¹⁾, Elfin Lailatun Nur'aini ¹⁾, dan Haris Puspito Buwono ^{1*)}

Abstrak. Peningkatan aspek dekoratif pada permukaan aluminium dapat dilakukan melalui proses finishing seperti pewarnaan melalui pewarnaan anodisasi. Proses pewarnaan anodisasi meliputi pembersihan, pembentukan pori-pori, pewarnaan, dan penutupan pori-pori aluminium oksida. Proses pembersihan dapat dilakukan secara mekanik dan kimiawi. Salah satu cara pada pembersihan kimiawi adalah penggunaan proses elektrolisis. Penelitian ini berupaya untuk mengetahui pengaruh pembersihan secara elektrolisis sebelum proses anodisasi atau disebut sebagai anodisasi multi-langkah. Proses pembersihan elektrolisis dan anodisasi dilakukan dalam larutan 15% asam sulfat. Adapun pewarna yang digunakan adalah pewarna tinta printer (merk Exxx) warna biru yang banyak ditemukan di pasaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aluminium yang dibersihkan melalui elektrolisis tersebut dapat diwarnai. Kualitas warna kemudian dibandingkan dengan proses pembersihan tanpa elektrolisis. Pada penelitian ini juga menggunakan kawat konduktor tembaga dan aluminium. Sifat konduktifitas aluminium hasil anodisasi sangat dipengaruhi oleh jenis konduktor yang digunakan tersebut. Kata Kunci: Anodisasi, Dua tahap, Elektrolisis, Pewarnaan, Konduktifitas.

Abstract. Improving the decorative value of the aluminum surface was performed by anodized coloring. The anodized coloring process involves cleaning, pores forming, coloring, and sealing. One of the essential steps in the anodized coloring is surface preparation via cleaning of the aluminum surface. This research conducts electrolytic cleaning to observe the effect of cleaning on the pore formation and the color distribution. The electrolytic cleaning and anodizing processes were carried out in a 15% sulfuric acid solution. The blue color dye is the commercial printer ink. The results showed that the anodized aluminum processed and unprocessed by electrolytic cleaning could be colored using industrial printer ink. The effect of the cleaning process and conductors type was studied toward color distribution quality. The results show that the electrolytic cleaning process for 15 minutes improves color distribution quality, and the conductors type affected conductivity of the anodized aluminum surface. Probably the electrolytic cleaning changed the formation of the pores. Keywords: Anodizing, Coloring, Conductivity, Electrolytic Cleaning, and Two-Step Anodization.

To cite this article at <https://doi.org/10.34128/je.v7i2.135>

1. Pendahuluan

Proses anodisasi itu tercatat digunakan oleh industri pada tahun 1923 [1]. Proses ini berupaya untuk mempertebal lapisan aluminium oksida pada permukaannya. Pembentukan lapisan oksida tersebut mampu menjadi lapisan pelindung. Proses pewarnaan aluminium melalui anodisasi didasarkan pada prinsip pembentukan pori-pori pada permukaan aluminium. Pembentukan pori-pori tersebut dilaksanakan secara anodisasi yang juga merupakan proses elektrolisis. Aluminium diberikan muatan positif dan berperan sebagai anoda pada catu daya

searah (DC), dan sebagai kutub negatif dapat digunakan konduktor seperti aluminium, baja atau jenis lainnya. Pada anoda terjadi reaksi oksidasi yang melepaskan ion aluminium ke dalam larutan. Akibat pelepasan ion tersebut, terbentuk rongga-rongga atau pori-pori pada permukaan aluminium. Pori-pori yang terbentuk itu diisi pewarna dan dilanjutkan *sealing* [2].

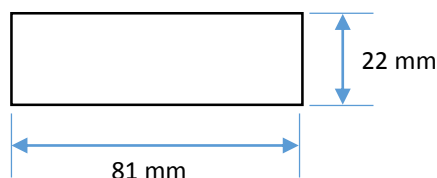
Proses anodisasi merupakan proses korosi yang terkendali. Proses ini dipengaruhi oleh jenis pembersihan, rapat arus, waktu, media elektrolit, pengadukan, temperatur, pengotor dan aerasi udara [3]–[9]. Proses pembersihan aluminium dapat dibagi menjadi dua kategori besar yaitu pembersihan secara mekanik dan kimiawi. Pembersihan secara kimiawi lebih disukai karena mampu menangani dimensi dan tingkat kekotoran aluminium yang bervariasi dengan hasil yang memuaskan. Proses anodisasi satu tahap menggunakan pewarna tinta *printer* warna biru terbukti mampu digunakan sebagai pewarna [10].

Proses pembersihan merupakan salah satu faktor yang menentukan dalam pembentukan pori-pori [11]–[13]. Beberapa hasil yang dilaporkan mengindikasikan bahwa penggunaan anodisasi dua tahap dapat menghasilkan pori-pori berukuran nano yang tersusun secara terstruktur [11], jenis aluminium oksida adalah hidrofilik [14], dan pada logam lain seperti TiO₂ pori-pori dapat membentuk struktur yang lebih baik [12] dibandingkan anodisasi satu tahap. Namun, aplikasi anodisasi 2 tahap pada pewarnaan hingga saat ini belum dieksplorasi secara luas. Untuk itu, perlu dilakukan penelitian aplikasi anodisasi 2 tahap untuk proses pewarnaan.

Pada penelitian ini digunakan metode pembersihan secara kimiawi dan dipelajari pengaruh pembersihan elektrolitik terhadap kualitas warna aluminium oksida. Proses pembersihan secara elektrolitik tersebut dilakukan dengan cara proses anodisasi. Pada penelitian ini proses anodisasi aluminium sebanyak dua kali maka proses disebut sebagai anodisasi dua tahap. Proses perbandingan adalah anodisasi sebanyak satu kali atau anodisasi satu tahap. Selain itu juga dipelajari pengaruh penggunaan konduktor terhadap konduktifitas aluminium oksida.

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* [10]. Benda kerja proses anodisasi menggunakan aluminium tipe AA1100 yang mempunyai dimensi (p x l x t) 81 mm x 22 mm x 3 mm sebagaimana disajikan pada Gambar 1. 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 larutan 5% HNO₃ (asam nitrat) dan 80% H₃PO₄ (asam fosfat). Durasi waktu setiap proses pembersihan adalah 3 menit, kecuali pada pembersihan terakhir dengan durasi 15 menit. Setiap selesai satu tahap pembersihan, benda kerja dibilas menggunakan air bersih (*aquades*).



Gambar 1. Ukuran benda kerja berupa aluminium

Setelah proses pembersihan, tahap selanjutnya adalah proses anodisasi. Pada proses anodisasi, hanya sebagian benda kerja yang dianodisasi atau yang dicelupkan ke dalam larutan asam sulfat. Ukuran benda kerja adalah 81 mm x 22 mm x 3 mm dengan bagian tercelup dalam larutan adalah 61 mm x 22 mm x 3 mm. Proses Anodisasi dilakukan untuk menghasilkan pori-pori pada permukaan aluminium. Proses ini dilaksanakan dengan cara memasukkan benda kerja ke dalam larutan 15% H₂SO₄ (asam sulfat) pada arus dan waktu yang sesuai dengan variabel yang telah ditentukan. Perbandingan katoda terhadap anoda adalah 1:1 dan jarak antar keduanya adalah 8 cm. Proses anodisasi dilangsungkan pada temperatur kamar (27°C) tanpa pengadukan dan aerasi. Pada anodisasi dua tahap, setelah proses anodisasi pertama, aluminium di bersihkan kembali dengan 10% HCl dan selanjutnya di-anodisasi kembali.

Variabel yang digunakan pada proses anodisasi ini terdiri dari rapat arus, waktu, jumlah tahap anodisasi dan jenis konduktor. Secara keseluruhan variabel tersebut disajikan pada Tabel 1.

Setelah proses anodisasi, benda kerja dibersihkan menggunakan air bersih kemudian dilakukan tahap pewarnaan aluminium dengan menggunakan larutan pewarna biru yang berasal dari tinta *printer* yang tersedia secara komersial pada temperatur 50°C dengan durasi 5 menit. Selanjutnya benda kerja dibilas menggunakan air

bersih (*aquades*) dan proses selanjutnya adalah *sealing* untuk penutupan pori-pori dengan cara benda kerja dimasukkan ke dalam air panas.

Identifikasi warna standar RGB dan HEX dilakukan menggunakan *software color identifier* yang tersedia secara gratis melalui yang diakses melalui laman *colorcodepicker.com* dengan menggunakan jenis warna yang paling dominan. Pengujian konduktifitas permukaan aluminium hasil anodisasi yang menggunakan konduktor aluminium dan tembaga dilaksanakan menggunakan pembacaan *ohm-meter*.

Tabel 1. Identitas benda kerja dan parameter.

Kode Benda*	Rapat Arus (A/cm ²)	Waktu (menit)**	Jumlah Tahap
1A1001	0.01	45	1
2T1001	0.01	45	1
3A1001	0.01	90	1
4T1001	0.01	90	1
5A2001	0.01	15+75	2
6T2001	0.01	15+75	2
7A2002	0.02	15+45	2
8T2002	0.02	15+45	2

*Penamaan benda kerja didasarkan pada:

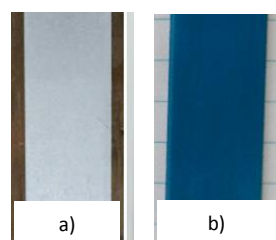
- huruf pertama menyatakan nomer benda kerja,
- huruf kedua menyatakan jenis konduktor yaitu A untuk aluminium dan T untuk tembaga,
- huruf ketiga menyatakan jumlah tahap yaitu 1 untuk 1 tahap dan 2 untuk 2 tahap, dan
- tiga huruf terakhir menyatakan rapat arus yaitu 001 menyatakan rapat arus 0,01 A/cm² dan 002 menyatakan rapat arus 0,02 A/cm².

**Waktu anodisasi menyatakan:

- satu tahap anodisasi adalah 45 atau 90 menit
- dua tahap anodisasi adalah 15+75 = 90 menit dan 15 + 45 = 60 menit. Lima belas menit pertama menunjukkan anodisasi tahap pertama.

3. Hasil dan Pembahasan

Pembersihan permukaan aluminium secara anodisasi telah dilakukan secara anodisasi. Langkah awal penelitian ini dilaksanakan dengan cara melakukan validasi anodisasi satu tahap yang dilaksanakan pada rapat arus 0,01 A/cm², dalam larutan 15% asam sulfat seperti yang disajikan pada Gambar 2. Gambar 2 memperlihatkan aluminium yang telah diproses anodisasi dengan perlakuan sebelum dan sesudah pewarnaan. Sebelum pewarnaan benda kerja mempunyai warna putih cenderung kusam seperti warna logam aluminium pada umumnya dan setelah pewarnaan warna aluminium berubah menjadi biru sebagaimana warna tinta *printer* yang digunakan. Identitas warna pada permukaan aluminium sebelum dan setelah proses pewarnaan dalam proses anodisasi berdasarkan standar RGB dan HEX disajikan pada Tabel 2.



Gambar 2. Permukaan aluminium setelah proses anodisasi 1 tahap dalam larutan 15 % H₂SO₄, rapat arus 0.01 A/cm² selama 90 menit a) sebelum pewarnaan, dan b) setelah pewarnaan.

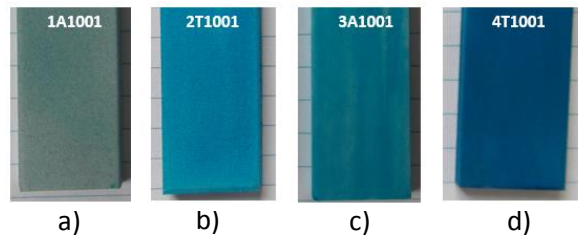
Proses pewarnaan menggunakan tinta *printer* pada penelitian ini menghasilkan warna permukaan yang baik, sebagaimana upaya sebelumnya pada penggunaan tinta *printer* yang tersedia secara komersial sebagai pewarna permukaan aluminium hasil anodisasi juga telah menghasilkan kualitas warna yang baik [10]. Berdasarkan kondisi tersebut, proses pewarnaan pada permukaan aluminium ini telah berhasil dilaksanakan.

Tabel 2. Identitas warna lapisan oksida aluminium berdasarkan RGB dan HEX setelah proses anodisasi dalam larutan 15 % H₂SO₄, dan rapat arus 0.01 A/cm² sebelum dan sesudah pewarnaan selama 90 menit.

Waktu (menit)	RGB		HEX	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
90	83, 70, 58	4, 65, 105	#53463a	#044169

Pengaruh Konduktor terhadap Kualitas Warna

Gambar 3 memperlihatkan benda kerja yang telah diproses anodisasi 1 (satu) tahap dalam larutan 15% H₂SO₄, rapat arus 0.01 A/cm² pada dua jenis konduktor yang berbeda yaitu aluminium dan tembaga. Identifikasi warna berdasarkan RGB dan HEX untuk kondisi ini disajikan pada Tabel 3.



Gambar 3. Benda kerja setelah proses pewarnaan yang diproses anodisasi 1 tahap dalam larutan 15 % H₂SO₄ dan rapat arus 0,01 A/cm² dengan waktu dengan waktu 45 menit dan 90 menit menggunakan kawat konduktor tembaga dan aluminium untuk a) 1A1001, b) 2T1001, c) 3A1001, dan d) 4T1001.

Hasil pewarnaan permukaan aluminium setelah anodisasi pada rapat arus 0.01 A/cm² mengindikasikan bahwa pada durasi anodisasi 45 dan 90 menit (Gambar 3b dan 3d) penggunaan konduktor tembaga menghasilkan warna yang lebih merata daripada penggunaan konduktor aluminium (Gambar 3a dan 3c). Hal ini menyatakan bahwa kualitas pewarnaan pada aluminium oksida yang menggunakan konduktor tembaga lebih mendekati warna biru daripada penggunaan konduktor aluminium. Peningkatan durasi proses dari 45 menit menjadi 90 menit telah mampu memperbaiki warna yang diperoleh pada permukaan aluminium. Hasil-hasil tersebut menerangkan bahwa konduktor jenis tembaga memerlukan waktu proses anodisasi yang lebih cepat daripada konduktor jenis aluminium. Jenis konduktor dalam proses anodisasi aluminium juga mempengaruhi kualitas warna permukaan benda kerja yaitu warna permukaan dan tingkat kerataan warna yang diperoleh. Kemungkinan perbedaan ini disebabkan konduktifitas logam konduktor. Logam tembaga mempunyai kemampuan hantaran listrik lebih baik daripada aluminium. Tembaga mempunyai nilai konduktifitas sebesar (7,00 Å± 0,22), aluminium (2,12 Å± 0,34) [15].

Tabel 3. Identitas warna lapisan aluminium oksida berdasarkan RGB dan HEX setelah proses anodisasi 1 tahap dan pewarnaan dalam larutan 15 % H₂SO₄ dengan rapat arus 0.01 A, dengan variasi waktu dan menggunakan kawat konduktor aluminium dan tembaga.

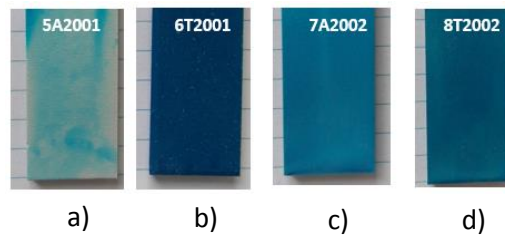
Kode Benda	Kawat Konduktor	Waktu (menit)	Identitas Warna	
			RGB	HEX
1A1001	Aluminium	45	86, 109, 105	#566d69
2T1001	Tembaga	45	5, 117, 150	#057596
3A1001	Aluminium	90	7, 98, 115	#076273
4T1001	Tembaga	90	4, 65, 105	#044169

Pengaruh Jumlah Tahap terhadap Kualitas Warna

Gambar 4 menunjukkan benda kerja yang telah diproses anodisasi 2 (dua) tahap dalam larutan 15% H₂SO₄, rapat arus 0.01 A/cm² dan 0.02 A/cm² pada dua jenis konduktor yang berbeda yaitu aluminium dan tembaga. Pada konduktor aluminium, peningkatan rapat arus dari 0,01 A/cm² ke 0,02 A/cm² (Gambar 4a dan 4c) telah mampu memperbaiki kerataan pewarnaan pada permukaan aluminium, sedangkan pada konduktor tembaga (Gambar 4b dan 4d) tidak terdapat perubahan distribusi pewarnaan. Hanya saja hasil pewarnaan permukaan aluminium pada konduktor tembaga memperlihatkan perubahan warna dari biru gelap menjadi biru terang.

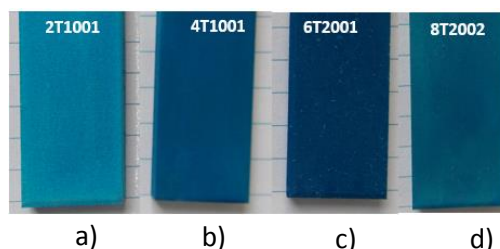
Gambar 5 menunjukkan perbandingan antara permukaan aluminium yang telah melalui pewarnaan yang diproses dengan pembersihan secara elektrolisis dan tanpa pembersihan secara elektrolisis. Gambar 5 juga

menunjukkan pengaruh rapat arus terhadap kualitas warna pada permukaan yang tanpa pembersihan secara elektrolisis dan permukaan dengan pembersihan elektrolisis.



Gambar 4. Benda kerja setelah proses pewarnaan yang diproses anodisasi 2 tahap dalam larutan 15 % H_2SO_4 , rapat arus $0,01 A/cm^2$ dan $0,02 A/cm^2$ dengan waktu 45 menit dan 90 menit menggunakan kawat konduktor tembaga dan aluminium untuk a) 5A2001, b) 6T2001, c) 7A2002, dan d) 8T2002.

Pada peningkatan rapat arus dari $0,01 A/cm^2$ ke $0,02 A/cm^2$ (Gambar 5a dan 5d), distribusi warna permukaan tidak mengalami perubahan dan tetap berwarna biru secara merata. Gambar 5b dan 5c menyatakan pengaruh pembersihan secara elektrolisis pada pewarnaan permukaan aluminium secara anodisasi pada total proses anodisasi yang sama yaitu 90 menit. Secara jelas dapat terlihat bahwa pembersihan secara elektrolisis (Gambar 5c) menghasilkan warna permukaan biru gelap dibandingkan permukaan aluminium yang tidak dibersihkan secara elektrolisis (Gambar 5b). Warna biru gelap pada permukaan aluminium ini menjelaskan bahwa pembentukan pori-pori terbentuk secara baik. Hal ini menyatakan bahwa pada konduktor tembaga proses pembersihan secara elektrolisis mampu meningkatkan pembentukan pori-pori permukaan aluminium.



Gambar 5. Benda kerja setelah proses pewarnaan yang diproses anodisasi 1 dan 2 tahap dalam larutan 15 % H_2SO_4 , rapat arus $0,01 A/cm^2$ dan $0,02 A/cm^2$ menggunakan kawat konduktor tembaga tanpa pembersihan elektrolisis yaitu a) 2T1001, dan b) 4T1001, dan dengan proses pembersihan secara elektrolisis yaitu c) 6T2001, dan d) 8T2002.

Pengaruh Jumlah Tahap Pembersihan dan Konduktor terhadap Konduktifitas Permukaan

Pada Tabel 4 menunjukkan konduktifitas permukaan aluminium setelah proses anodisasi 1 dan 2 tahap pada konduktor tembaga dan aluminium. Pembacaan konduktifitas melalui *ohm-meter* dilakukan untuk mengetahui sifat permukaan aluminium oksida bersifat konduktor atau isolator. Pengujian dilakukan pada beberapa titik yang dilakukan secara acak dan dalam hal diperoleh hasil pembacaan yang bersifat konduktor, maka permukaan aluminium dinilai sebagai konduktor. Penilaian konduktifitas isolator dilakukan dalam hal pengujian menghasilkan nilai pembacaan yang bersifat isolator secara keseluruhan.

Hasil pengujian konduktifitas permukaan menggunakan *ohm-meter* menjelaskan bahwa permukaan oksida aluminium sebelum proses anodisasi adalah konduktor dan setelah proses anodisasi menghasilkan permukaan oksida aluminium yang bersifat tidak mampu menghantarkan arus (isolator) pada penggunaan konduktor tembaga, dan sebaliknya penggunaan aluminium sebagai konduktor menghasilkan sifat isolator. Peningkatan rapat arus dan proses pembersihan secara elektrolisis tidak mengubah sifat permukaan aluminium pada proses anodisasi yang bersifat konduktor atau isolator. Kondisi ini kemungkinan disebabkan ketebalan lapisan yang dihasilkan melalui konduktor aluminium lebih tipis daripada penggunaan konduktor tembaga, namun pori-pori tetap dapat terbentuk yang diidentifikasi melalui pelekatan warna tinta *printer* pada permukaan aluminium.

Tabel 4. Pengaruh rapat arus dan jenis konduktor terhadap sifat konduktifitas permukaan aluminium oksida.

Kode Benda	Rapat Arus (A/cm^2)	Konduktifitas Permukaan
1A1001	0.01	Konduktor
2T1001	0.01	Isolator

3A1001	0.01	Konduktor
4T1001	0.01	Isolator
7A2002	0.02	Konduktor
8T2002	0.02	Isolator

4. Kesimpulan

Proses pewarnaan secara anodisasi dapat diselenggarakan tanpa pembersihan secara elektrolisis dan melalui pembersihan secara elektrolisis, tinta *printer* yang tersedia secara komersial dapat digunakan untuk proses pewarnaan melalui jalur pembersihan secara elektrolisis, peningkatan rapat arus dari 0,01 A/cm² menjadi 0,02 A/cm² memberikan kontribusi pada peningkatan distribusi warna, proses pembersihan permukaan aluminium secara elektrolisis dapat meningkatkan pembentukan pori-pori permukaan aluminium dan konduktifitas benda kerja dipengaruhi oleh jenis konduktor yang digunakan; penggunaan tembaga menghasilkan lapisan oksida yang bersifat isolator, sedangkan penggunaan aluminium menghasilkan lapisan oksida yang bersifat konduktor. Secara lebih detail, perlu untuk melakukan identifikasi nilai-nilai konduktifitas dari jenis konduktor yang digunakan.

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 9881/PL2/KP/2019. Penulis menyampaikan terimakasih atas bantuan yang diberikan.

Daftar Pustaka

- [1] G. B. Kauffman, 1990. "Chemical Demonstrations: A Handbook for Teachers of Chemistry, Volume 3 (Shakhashiri, Bassam Z.)," *J. Chem. Educ.*, vol. 67, no. 6, p. A164.
- [2] C. J. Donahue and J. A. Exline, 2014. "Anodizing and Coloring Aluminum Alloys," pp. 711–715.
- [3] O. Jessensky, 1998. "Self-Organized Formation of Hexagonal Pore Structures in Anodic Alumina," *J. Electrochem. Soc.*, vol. 145, no. 11, p. 3735.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] H. P. Buwono, E. Yudianto, 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.
- [11] H. Masuda and K. Fukuda, 1995. "Ordered Metal Nanohole Arrays Made by a Two-Step Replication of Honeycomb Structures of Anodic Alumina," *Science (80-.)*, vol. 268, no. 5216, pp. 1466–1468.
- [12] S. Yan *et al.*, 2017. "Essential distinction between one-step anodization and two-step anodization of Ti," *Mater. Res. Bull.*, vol. 95, pp. 444–450.
- [13] X. Y. Han and W. Z. Shen, 2011. "Improved two-step anodization technique for ordered porous anodic aluminum membranes," *J. Electroanal. Chem.*, vol. 655, no. 1, pp. 56–64.
- [14] S. Ateş, E. Baran, and B. Yazıcı, 2018. "The nanoporous anodic alumina oxide formed by two-step anodization," *Thin Solid Films*, vol. 648, no. January, pp. 94–102.
- [15] F. Nurdianah, 2015. "Analisa Sifat Konduktivitas Listrik Pada Sejumlah Logam Komersial," Yogyakarta, Indonesia, 2015. [Online]. Available: <http://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/90397>.