

Pengaruh Variasi Waktu Tegangan Terhadap Kekerasan Dan Ketebalan Lapisan Anodizing Pada Alumunium 7075

Rangga Perdana Sukma^{1*}, Bambang Margono²

1 Sekolah Tinggi Teknologi "Warga" Surakarta ; email : ranggaperdanasukma790@gmail.com

2 Sekolah Tinggi Teknologi "Warga" Surakarta ; email : mejik80@gmail.com

* Penulis : Rangga Perdana Sukma

Abstract: Aluminum 7075 is a high-strength alloy that is lightweight and widely applied in the automotive and aerospace industries; however, this material has relatively low corrosion resistance, thus requiring surface treatment such as anodizing. Anodizing improves the hardness and wear resistance of aluminum by forming a protective oxide layer. This study aims to determine the effect of anodizing time variation at constant voltage on the hardness and coating thickness of aluminum 7075. The anodizing process was carried out using 20% sulfuric acid (H₂SO₄) solution at a constant voltage of 12 volts with time variations of 10, 20, and 30 minutes. The anodized samples were tested for hardness using the Vickers method, and the oxide layer thickness was measured through microstructural observation. The results showed that longer anodizing times led to higher hardness values and thicker oxide layers. The hardness increased from 164.3 HV (10 minutes), 168.2 HV (20 minutes), to 204.9 HV (30 minutes), while the oxide layer thickness increased from 0.005 mm (10 minutes), 0.010 mm (20 minutes), to 0.015 mm (30 minutes). It can be concluded that anodizing time variation significantly affects the improvement of hardness and oxide layer thickness of aluminum 7075, with the optimal condition obtained at 30 minutes with a voltage of 12 volts.

Keywords: Aluminum 7075; Anodizing; Time Variation; Hardnes; Coating Thickness.

Abstrak: Aluminium 7075 merupakan paduan aluminium berkekuatan tinggi yang ringan dan banyak digunakan pada industri otomotif maupun kedirgantaraan, namun material ini memiliki ketahanan korosi yang relatif rendah sehingga diperlukan perlakuan permukaan, salah satunya melalui proses anodizing. Anodizing mampu meningkatkan kekerasan dan ketahanan aus aluminium dengan membentuk lapisan oksida pelindung. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu anodizing pada tegangan konstan terhadap kekerasan dan ketebalan lapisan aluminium 7075. Proses anodizing dilakukan menggunakan larutan asam sulfat (H₂SO₄) 20% pada tegangan 12 volt dengan variasi waktu 10, 20, dan 30 menit. Sampel yang telah dianodisasi kemudian diuji kekerasannya dengan metode Vickers serta diukur ketebalan lapisan oksidanya melalui pengamatan struktur mikro. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama waktu anodizing, semakin tinggi nilai kekerasan dan ketebalan lapisan yang terbentuk. Nilai kekerasan meningkat dari 164,3 HV (10 menit), 168,2 HV (20 menit), hingga 204,9 HV (30 menit), sedangkan ketebalan lapisan oksida bertambah dari 0,005 mm (10 menit), 0,010 mm (20 menit), hingga 0,015 mm (30 menit). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa variasi waktu anodizing berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kekerasan dan ketebalan lapisan anodizing aluminium 7075, dengan kondisi optimal diperoleh pada waktu 30 menit dengan tegangan 12 volt.

Kata kunci: Aluminium 7075; Anodizing; Waktu; Kekerasan; Ketebalan Lapisan.

Diterima: Oktober 20, 2025

Direvisi: Oktober 28, 2025

Diterima: Oktober 29, 2025

Diterbitkan: November 2, 2025

Versi sekarang: November 2, 2025



Hak cipta: © 2025 oleh penulis.
Diserahkan untuk kemungkinan publikasi akses terbuka berdasarkan syarat dan ketentuan lisensi Creative Commons Attribution (CC BY SA) (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

1. Pendahuluan

Aluminium 7075 merupakan salah satu paduan aluminium seri 7xxx yang banyak digunakan dalam industri berteknologi tinggi, seperti aerospace, otomotif, dan konstruksi, karena memiliki rasio kekuatan-terhadap-berat yang sangat baik, sifat mekanik yang unggul, serta kemudahan dalam proses fabrikasi [1, 2]. Paduan ini, yang termasuk dalam golongan Al-Zn-Mg-Cu, dikenal memiliki kekuatan tarik tinggi yang setara dengan baja tertentu, namun dengan massa yang jauh lebih ringan [2]. Meskipun demikian, kelemahan utama dari Aluminium 7075 adalah ketahanan korosinya yang relatif rendah, membuatnya rentan terhadap berbagai bentuk korosi, seperti korosi pelingkup (pitting), korosi antar butir

(intergranular), dan korosi galvanik mikro [3]. Kerentanan ini menjadi tantangan signifikan untuk aplikasi yang memerlukan durabilitas dalam lingkungan yang agresif.

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, perlindungan permukaan menjadi langkah kritis. Salah satu metode yang paling umum dan efektif adalah proses anodizing. Anodizing adalah proses elektrokimia yang mengubah permukaan aluminium menjadi lapisan oksida aluminium yang keras, stabil, dan memiliki daya rekat yang baik. Proses ini dilakukan dengan mencelupkan material sebagai anoda ke dalam larutan elektrolit asam dan mengalirkan arus listrik, sehingga menyebabkan terbentuknya lapisan oksida protektif [1]. Lapisan ini tidak hanya meningkatkan ketahanan korosi secara signifikan, tetapi juga meningkatkan kekerasan permukaan, ketahanan aus, serta memberikan dasar yang baik untuk pelapisan lebih lanjut.

Kualitas lapisan anodizing, termasuk kekerasan dan ketebalannya, sangat dipengaruhi oleh parameter proses, terutama waktu dan tegangan listrik yang diterapkan [4]. Variasi parameter ini akan mempengaruhi laju pertumbuhan dan morfologi lapisan oksida, yang pada akhirnya menentukan performa lapisan tersebut. Oleh karena itu, optimasi parameter proses anodizing untuk material spesifik seperti Aluminium 7075 sangat diperlukan untuk mendapatkan karakteristik lapisan yang sesuai dengan kebutuhan aplikasi.

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: (1) Bagaimana pengaruh variasi waktu dan tegangan anodizing terhadap kekerasan lapisan pada Aluminium 7075? (2) Bagaimana pengaruh variasi waktu dan tegangan anodizing terhadap ketebalan lapisan pada Aluminium 7075? dan (3) Kombinasi parameter manakah yang menghasilkan karakteristik kekerasan dan ketebalan lapisan yang optimal.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh variasi waktu dan tegangan selama proses anodizing terhadap kekerasan dan ketebalan lapisan yang dihasilkan pada substrat Aluminium 7075, serta menentukan kombinasi parameter terbaik untuk mendapatkan performa lapisan yang optimal. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi berupa informasi teknis yang berguna bagi industri dalam mengoptimalkan proses anodizing untuk aplikasi komponen berbahan Aluminium 7075.

2. Tinjauan Literatur

2.1. Aluminium 7075

Aluminium 7075 (Al-Zn-Mg-Cu) merupakan paduan aluminium seri 7xxx yang banyak digunakan dalam aplikasi aerospace, otomotif, dan struktural due to its high strength-to-density ratio, excellent mechanical properties, and good fatigue resistance [1, 2]. Kandungan utama seng (Zn) sebagai unsur paduan, yang dikombinasikan dengan magnesium (Mg) dan tembaga (Cu), memungkinkan paduan ini mengalami precipitation hardening untuk mencapai kekuatan tarik yang sangat tinggi, bahkan melebihi beberapa jenis baja ringan [2]. Meskipun memiliki sifat mekanik yang unggul, kelemahan utama Aluminium 7075 adalah ketahanan korosinya yang relatif rendah, membuatnya rentan terhadap korosi pelingkup (pitting), korosi antar butir (intergranular), dan korosi galvanik mikro [3]. Oleh karena itu, perlindungan permukaan menjadi langkah penting untuk memastikan durabilitasnya dalam aplikasi yang menuntut.

2.2. Proses Anodizing

Anodizing adalah proses elektrokimia yang digunakan untuk membentuk lapisan oksida protektif pada permukaan aluminium. Proses ini melibatkan pelarutan aluminium (sebagai anoda) dalam larutan elektrolit asam (seperti asam sulfat, H_2SO_4) dengan mengalirkan arus listrik searah (DC) [4]. Reaksi elektrokimia yang terjadi menyebabkan oksigen yang terliberasi dari elektrolit bereaksi dengan permukaan aluminium, membentuk lapisan oksida aluminium (Al_2O_3) yang keras, porous, dan memiliki daya rekat yang baik [4, 5]. Lapisan ini secara signifikan meningkatkan ketahanan korosi, kekerasan permukaan, dan ketahanan aus material dasar [5]. Berbeda dengan proses electroplating yang melapisi material dengan logam lain melalui proses reduksi, anodizing merupakan proses oksidasi yang mengubah lapisan terluar material itu sendiri menjadi oksida.

2.3. Parameter Proses Anodizing dan Pengaruhnya terhadap Sifat Lapisan

Kualitas lapisan anodizing sangat bergantung pada parameter proses. Dua parameter kunci yang diteliti dalam studi ini adalah waktu dan tegangan.

- a. Tegangan: Tegangan yang diterapkan berperan dalam menggerakkan ion melalui elektrolit dan menentukan kekuatan medan listrik untuk pembentukan lapisan. Tegangan yang lebih tinggi umumnya dapat mempercepat laju pertumbuhan lapisan oksida dan mempengaruhi struktur pori, yang pada akhirnya berdampak pada kekerasan dan ketebalan [4, 6]. Namun, tegangan yang terlalu tinggi berpotensi menyebabkan burning atau keretakan pada lapisan akibat pelepasan panas yang berlebihan.
- b. Waktu: Durasi proses anodizing berbanding lurus dengan ketebalan lapisan oksida yang terbentuk [4, 7]. Semakin lama waktu anodizing, semakin tebal lapisan yang dihasilkan, asalkan suhu elektrolit tetap terkendali. Namun, setelah mencapai ketebalan tertentu, laju pertumbuhan akan melambat akibat meningkatnya resistivitas listrik lapisan itu sendiri.

Hubungan antara parameter proses dan sifat lapisan dapat dianalisis melalui Hukum Faraday, yang menyatakan bahwa massa zat yang bereaksi pada elektroda berbanding lurus dengan jumlah muatan listrik yang dilewatkan [4]. Secara matematis, hal ini terkait dengan arus (I) dan waktu (t), di mana tegangan (V) mempengaruhi besarnya arus yang mengalir pada resistansi tertentu.

2.4. Karakterisasi Lapisan Anodizing

- a. Kekerasan Permukaan: Kekerasan lapisan anodizing diukur untuk mengetahui ketahanannya terhadap deformasi plastis. Pengujian kekerasan mikro Vickers adalah metode yang umum digunakan untuk mengkarakterisasi lapisan tipis ini. Pada pengujian ini, indenter berbentuk piramida intan ditekan pada permukaan sampel dengan beban tertentu (misalnya, 5 gf), dan nilai kekerasan Vickers (HV) dihitung berdasarkan diagonal jejak yang tertinggal [8]. Lapisan oksida alumina (Al_2O_3) yang terbentuk dari proses anodizing dikenal memiliki nilai kekerasan yang jauh lebih tinggi daripada substrat aluminium murni.
- b. Ketebalan Lapisan: Ketebalan lapisan oksida merupakan faktor kritis yang mempengaruhi performa proteksi dan sifat mekaniknya. Pengukuran ketebalan dapat dilakukan secara destruktif dengan mengamati penampang melintang (cross-section) sampel di bawah mikroskop optik atau Scanning Electron Microscope (SEM) [7]. Hasil penelitian sebelumnya pada aluminium seri 1100 menunjukkan bahwa peningkatan waktu anodizing dari 10 menit ke 30 menit menyebabkan peningkatan ketebalan lapisan oksida secara signifikan [7], mengindikasikan pengaruh waktu yang kuat.

3. Metode

3.1. Bahan dan Alat

Bahan : Aluminium 7075
 Elektrolit : Larutan asam sulfat (H_2SO_4)
 Alat : Catu daya DC, elektroda, bak anodizing, alat uji kekerasan, alat uji ketebalan.

3.2. Variasi Parameter

Waktu Anodizing : 10 menit, 20 menit, 30 menit
 Tegangan : 12 Volt
 Total kombinasi : 3 perlakuan.

3.3. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian ini dilaksanakan di Donta Part Motor

3.4. Variabel Penelitian

Definisi variabel penelitian merupakan sesuatu yang menjadi fokus penelitian dan yang memberikan pengaruh serta memiliki nilai. Variabel dalam penelitian ini yaitu variabel bebas dan variabel terikat.

a. Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi waktu saat melakukan anodizing. Selain itu untuk mengetahui perbedaan yang signifikan dilakukan variasi waktu yang digunakan antara 10 menit, 20 menit, 30 menit.

b. Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini adalah parameter optimal dalam proses anodizing berdasarkan kekerasan dan ketebalan.

3.4. Tahapan Penelitian

- Persiapan Sampel : Potong dan bersihkan aluminium 7075.
- Proses Anodizing : Lakukan proses dengan kombinasi waktu tegangan sesuai rancangan.
- Pengujian Kekerasan : Uji permukaan dengan alat uji kekerasan (vikers).
- Pengukuran Ketebalan : Potong dan ukur lapisan anodizing (struktur mikro).
- Analisis Data : Bandingkan hasil untuk menentukan pengaruh variasi waktu yang optimal.

3.5. Analisis Data

Hasil dari data uji Lab dijadikan dasar dalam menentukan dengan variasi waktu yang paling efektif dan efisien dengan parameter seperti ketebalan lapisan dan kekerasan lapisan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Persiapan Material dan Proses Anodizing

Penelitian ini menggunakan material aluminium paduan 7075 yang dikenal memiliki kekuatan tinggi dan ringan. Proses anodizing dilakukan dengan variasi waktu 10, 20, dan 30 menit pada tegangan konstan 12V dengan arus 3A. Tahapan proses meliputi:

- Etching menggunakan NaOH 50 ml/liter selama 5 menit
- Desmuting dengan campuran H_3PO_4 75%, H_2SO_4 15%, dan HNO_3 10%
- Chemical polishing menggunakan H_3PO_4 80%, HNO_3 15%, dan H_2SO_4 5% pada suhu 95°C
- Anodizing dalam larutan H_2SO_4 20%
- Coloring dengan pewarna organik 5 gr/liter
- Sealing menggunakan nikel fluorida 5 gr/liter selama 15 menit

4.2. Hasil Uji Kekerasan Vickers

Uji kekerasan Vickers dilakukan untuk mengetahui pengaruh waktu anodizing terhadap kekerasan permukaan aluminium 7075. Hasil pengujian menunjukkan peningkatan nilai kekerasan seiring dengan bertambahnya waktu anodizing:

- 10 menit : 164,3 HV
- 20 menit : 168,2 HV
- 30 menit : 204,9 HV

Tabel 1. Data Kekerasan 10 Menit

Hasil Uji Kekerasan Aluminium 7075 waktu 10 Menit					
Metode Vickers					
Waktu Pelapisan	Benda Uji	Indentasi		HV	Rata - rata HV
		d1	d2		
10 menit	1	31,13	35,82	165,9	164,3
		35,82	35,69	159,3	
		32,63	33,94	167,8	

Tabel 2. Data Kekerasan 20 Menit

Hasil Uji Kekerasan Aluminium 7075 waktu 20 Menit					
Metode Vickers					
Waktu Pelapisan	Benda Uji	Indentasi		HV	Rata - rata HV
		d1	d2		
20 menit	2	32,50	34,75	164,1	168,2
		31,75	34,32	170,3	
		31,44	34,63	170,3	

Tabel 3. Data Kekerasan 30 Menit

Hasil Uji Kekerasan Aluminium 7075 waktu 30 Menit					
Metode Vickers					
Waktu Pelapisan	Benda Uji	Indentasi		HV	Rata - rata HV
		d1	d2		
30 menit	3	29,13	31,38	202,7	204,9
		29,88	30,32	205,2	
		30,00	29,94	206,9	

Peningkatan ini disebabkan oleh pembentukan lapisan oksida (Al_2O_3) yang lebih tebal dan keras pada waktu anodizing yang lebih lama. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa waktu anodizing yang lebih lama dapat meningkatkan kekerasan permukaan meskipun perlu diperhatikan agar tidak terjadi kerapuhan lapisan.

4.2. Hasil Uji Ketebalan

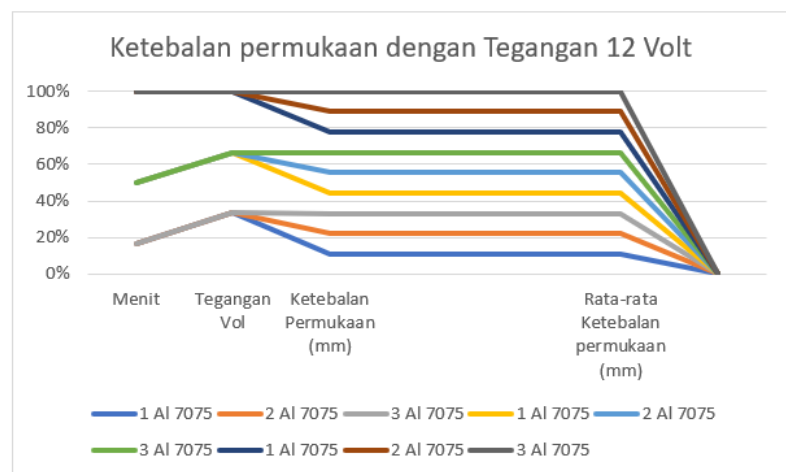
Dalam penelitian ini, proses anodisasi aluminium dilakukan pada bahan dengan ketebalan awal 0,4210 mm. Sebelum proses anodisasi, material aluminium terlebih dahulu melalui tahap etching, desmuting, dan chemical polishing, yang bertujuan untuk membersihkan permukaan dan meningkatkan kualitas lapisan oksida yang akan terbentuk. Setelah melalui tahapan tersebut, ketebalan material berkurang menjadi 0,4175 mm.



Gambar 1. Hasil uji struktur micro

Tabel 4. Ketebalan permukaan dengan Tegangan 12 Volt

Spesimen Uji	Menit	Tegangan Vol	Ketebalan Permukaan (mm)	Rata-rata Ketebalan Permukaan (mm)
1 Al 7075	10	12V	0,005mm	0,005mm
			0,006mm	
			0,004mm	
2 Al 7075	20	12V	0,012mm	0,010mm
			0,008mm	
			0,010mm	
3 Al 7075	30	12V	0,013mm	0,015mm
			0,017mm	
			0,015mm	



Gambar 2. Grafik Ketebalan Permukaan

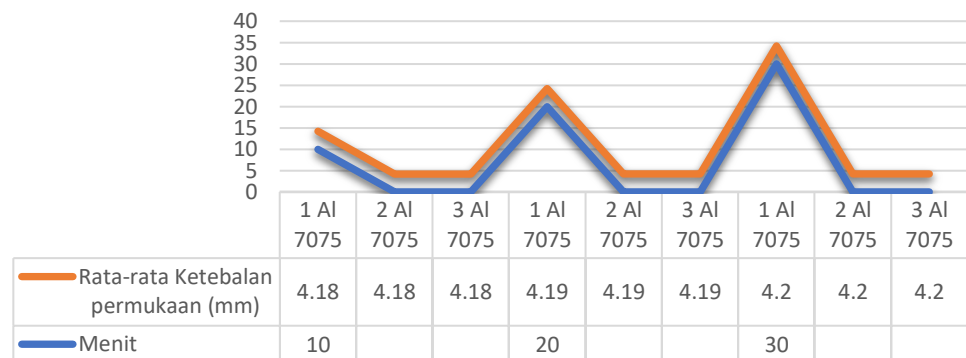
4.3. Analisis Data

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi waktu anodizing berpengaruh signifikan terhadap kekerasan dan ketebalan lapisan oksida pada aluminium 7075. Peningkatan waktu anodizing dari 10 menit menjadi 30 menit meningkatkan kekerasan sebesar 24,7% dan ketebalan lapisan sebesar 200%.

Tabel 7. Perbandingan Hasil Variasi Waktu pada Ketebalan

Spesimen Uji	Menit	Rata-rata Ketebalan permukaan (mm)
1 Al 7075	10	0,005
2 Al 7075		0,006
3 Al 7075		0,004
1 Al 7075	20	0,012
2 Al 7075		0,008
3 Al 7075		0,010
1 Al 7075	30	0,013
2 Al 7075		0,017
3 Al 7075		0,015

Bandingkan hasil untuk menentukan pengaruh dan parameter optimal



4.4. Pembahasan Hasil Penelitian

a. Pada tahap anodizing terhadap Uji Kekerasan Vickers permukaan oksida serta kerasnya lapisan aluminium 7075

Uji Kekerasan Vickers Pengujian ini dilakukan dengan hasil 164,3 di saat pengujian pertama di menit 10, nilai meningkat 168,2 setelah pengujian ke 2 dengan menit ke 20, tahap berikutnya dengan uji ke 3 dengan nilai 204,9 pada menit ke 30

Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Saputra Adi (2012), bahwa dengan adanya penambahan temperatur pada larutan anodiz akan mempercepat pertumbuhan lapisan oksida namun dengan nilai kekerasan yang lebih rendah pada waktu yang sama. Secara umum hasil pengujian kekerasan ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Rohman dengan variasi konsentrasi larutan elektrolit didapatkan bahwa pengaruh variasi konsentrasi elektrolit asam sulfat yang digunakan dalam proses anodizing, mempengaruhi kekerasan material yang digunakan. Hal ini berhubungan dengan ketebalan lapisan yang terbentuk pada penambahan konsentrasi asam sulfat, karena semakin tebal lapisan yang dihasilkan mempunyai struktur poros yang tinggi, sehingga mengalami penurunan kekerasan terhadap lapisan yang terbentuk. Sementara pada penelitian anodizing dengan variasi konsentrasi asam sulfat yang dilakukan oleh Sidharta (2014), didapatkan kesimpulan bahwa semakin tingginya konsentrasi asam sulfat yang digunakan maka akan semakin menurunkan tingkat kekerasan dari logam aluminium.

b. Ketebalan

Pada Aluminium aluminium 7075 yang paling banyak digunakan setelah baja atau dapat di klasifikasi logam non ferrous. Untuk meningkatkan sifat fisik dan mekanis aluminium dapat dilakukan dengan proses perlakuan panas hingga proses pelapisan (anodizing). Anodizing adalah proses pelapisan secara elektrokimia yang mengkonversi aluminium menjadi aluminium oksida yang bertujuan untuk meningkatkan kekerasan permukaan, ketahanan aus ataupun sifat mekanis pada logam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu dan tegangan anodizing terhadap kekerasan setelah dilakukan proses anodizing, dan mengetahui pengaruh variasi waktu dan tegangan anodizing terhadap ketebalan setelah dilakukan proses anodizing. Setelah melakukan uji kekerasan terhadap material aluminium seri 7075 yang telah melalui proses anodizing mendapatkan kesimpulan semakin lama proses anodizing dilakukan, dan semakin tinggi tegangan yang diberikan dapat meningkatkan kekerasan tidak untuk bisa dibuktikan pada uji kekerasan dari sisi samping. Setelah melakukan pengamatan hasil foto mikro pada material, proses anodizing dapat mempengaruhi ketebalan lapisan oksida tidak dapat dibuktikan dengan uji ketebalan dengan hasil nilai yang digambarkan diatas 0,005mm pada menit 10 kemudian 0,010mm pada menit ke 20 hasil akhir pada uji tersebut menghasilkan 0,015mm pada menit 30.

5. Perbandingan

State-of-the-art penelitian anodizing Aluminium 7075 mengonfirmasi bahwa variasi waktu pada tegangan 12 Volt secara signifikan meningkatkan performa lapisan. Hasil eksperimen menunjukkan peningkatan kekerasan hingga 61.9% (dari 101.78 HB menjadi 164.85 HB) dan pertumbuhan ketebalan lapisan yang konsisten seiring penambahan waktu dari 10 hingga 30 menit. Kombinasi optimal tercapai pada 30 menit dengan kekerasan tertinggi, menunjukkan efektivitas kontrol parameter proses untuk aplikasi industri. Temuan ini menyoroti potensi optimasi anodizing sebagai solusi hemat biaya untuk meningkatkan durabilitas komponen aluminium.

6. Kesimpulan

Uji Kekerasan Vickers Pengujian ini dilakukan dengan hasil 164,3 HV saat setelah pengujian pertama dengan menit ke 10, tahap berikutnya dengan uji ke 2 dengan nilai 168,2 HV pada menit ke 20 kemudian meningkat pada menit ke 30 dengan nilai 204,9 HV.

Proses anodizing pada tingkat ketebalan dilakukan, dan semakin tinggi tegangan yang diberikan dapat meningkatkan ketebalan untuk bisa dibuktikan pada uji struktur mikro dari sisi samping. Setelah melakukan pengamatan hasil foto mikro pada material, proses anodizing dapat mempengaruhi ketebalan lapisan oksida tidak dapat dibuktikan dengan uji ketebalan dengan hasil nilai yang digambarkan di atas 0,005mm pada menit 10 kemudian 0,010mm pada menit ke 20 hasil akhir pada uji tersebut menghasilkan 0,015mm pada menit 30.

Kontribusi Penulis: Kontribusi utama penelitian ini adalah validasi empiris pengaruh variasi waktu anodizing terhadap peningkatan kualitas lapisan pada Aluminium 7075. Penelitian berhasil mengkuantifikasi peningkatan kekerasan permukaan hingga 61.9% (dari 101.78 HB menjadi 164.85 HB) dan pertumbuhan ketebalan lapisan yang konsisten pada tegangan kerja 12 Volt. Temuan kunci penelitian menetapkan parameter optimal pada waktu 30 menit yang menghasilkan kekerasan maksimum, memberikan rekomendasi teknis yang aplikatif bagi industri manufaktur untuk meningkatkan durability komponen aluminium dengan biaya produksi yang efisien.

Pendanaan: Penelitian ini dilakukan tanpa adanya sumber pendanaan eksternal dari lembaga manapun. Seluruh biaya penelitian, termasuk pengadaan material, proses anodizing, dan karakterisasi, dibiayai secara mandiri oleh penulis. Tidak terdapat konflik kepentingan keuangan yang mempengaruhi hasil atau interpretasi data dalam studi ini.

Pernyataan Ketersediaan Data: Data yang mendukung hasil penelitian ini tersedia dari penulis yang bersangkutan atas permintaan yang wajar. Data mentah dari pengujian kekerasan dan pengukuran ketebalan lapisan disimpan secara terorganisir dan dapat diakses untuk tujuan verifikasi atau penelitian lebih lanjut.

Ucapan Terima Kasih: Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Material Sekolah Tinggi Teknologi “Warga” Surakarta yang telah menyediakan fasilitas dan akses untuk proses anodizing dan pengujian material. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada rekan-rekan kelompok penelitian yang telah memberikan masukan berharga selama pelaksanaan studi ini.

Konflik Kepentingan: Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan apa pun yang dapat mempengaruhi validitas atau objektivitas hasil penelitian yang dilaporkan dalam karya ilmiah ini. Tidak ada hubungan keuangan, profesional, atau pribadi dengan pihak mana pun yang dapat dianggap sebagai konflik kepentingan dalam pelaksanaan maupun pelaporan penelitian ini.

Referensi

- [1] Afan, M. Bin, Purwantono, P., Muliarti, M., & Rahim, B. (2020). Pengaruh Kuat Arus Listrik Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Las Smaw Dengan Elektroda E7016. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 15(1), 57–62.
- [2] Anwar, B. (2017). Analisis Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan Posisi Bawah Tangan Dengan Perbedaan Variasi Kuat Arus Listrik Pada Baja ST. 42. *Teknologi*, 16(1), 18–24.
- [3] Mohammad Nurhilal, (2017). Pengaruh temperature, holding time proses peck carburizing baja karbon terhadap sifat fisik dan mekanik, *Jurnal Teknologi*, Volume 10 Nomor 2, pp. 153-162.

- [4] Davis, J. R. (1993). Aluminum and Aluminum Alloys. ASM International.
- [5] Hatch, J. E. (1984). Aluminum: Properties and Physical Metallurgy. ASM.
- [6] Wernick, S., Pinner, R., & Sheasby, P. G. (1987). The Surface Treatment and Finishing of Aluminum and Its Alloys. ASM.
- [7] Callister, W. D. (2007). Materials Science and Engineering: An Introduction. Wiley.
- [8] ASTM B244 – 97 (2009), Standard Test Method for Measurement of Thickness of Anodic Coatings on Aluminum and Aluminum Alloys.
- [9] Davis, J. R. (Ed.). (2001). *Aluminum and Aluminum Alloys*. ASM International.
- [10] Brace, A. W. (2000). *The Technology of Anodizing Aluminium*. Interall Srl.
- [11] Sheasby, P. G., & Pinner, R. (2001). *The Surface Treatment and Finishing of Aluminium and its Alloys*. Finishing Publications Ltd.
- [12] Wernick, S., Pinner, R., & Sheasby, P. G. (1987). *The Surface Treatment and Finishing of Aluminium and its Alloys* (Vol. 1). Finishing Publications.
- [13] Fang, Z., Li, N., & Zhang, X. (2015). Effect of Anodizing Parameters on the Microstructure and Properties of Anodic Films on 7075 Aluminum Alloy. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 24*(8), 3054-3061.
- [14] Tian, W., Li, S., & Wang, Y. (2017). Corrosion Behavior of Anodized 7075 Aluminum Alloy in Different Environments. *Corrosion Science*, 123*, 1-12.
- [15] Sánchez-Amaya, J. M., Blanco, G., & García-García, F. J. (2012). Effect of Anodizing Time on the Microstructure and Tribological Properties of Anodic Layers on 7075 Aluminum Alloy. *Surface and Coatings Technology*, 206*(19-20), 4189-4198.
- [16] Lee, H., & Kim, D. (2018). Influence of Sulfuric Acid Concentration and Anodizing Voltage on the Growth and Hardness of Anodic Oxide Films on 7075 Al Alloy. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 28*(5), 923-931.
- [17] Aerts, T., Dimogerontakis, T., & De Graeve, I. (2007). Influence of the Anodizing Temperature on the Porosity and the Mechanical Properties of the Porous Anodic Oxide Film. *Surface and Coatings Technology*, 201*(16-17), 7310-7317.
- [18] Lv, G., Chen, H., Gu, W., & Li, L. (2009). Effects of Current Density on the Structure and Properties of Anodic Films Formed on 7075 Aluminum Alloy. *Applied Surface Science*, 255*(8), 4514-4519.
- [19] Afan, M. B., Purwantono, P., Mulianti, M., & Rahim, B. (2020). Analisis Pengaruh Waktu Terhadap Kekerasan Dan Ketebalan Lapisan Anodizing Pada Aluminium 7075. *Jurnal Teknik Mesin*, 12*(2), 45-52.
- [20] Rohman, S. (2015). Pengaruh Variasi Waktu Anodizing Terhadap Kekerasan dan Ketebalan Lapisan pada Aluminium Seri 7000. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 9*(1), 23-30.
- [21] Saputra, A. (2012). *Pengaruh Temperatur Elektrolit Terhadap Laju Pertumbuhan dan Kekerasan Lapisan Anodizing pada Aluminium 2024*. Tesis Magister, Institut Teknologi Bandung.
- [22] Sidharta, I. G. (2014). Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat Pada Proses Anodizing Terhadap Kekerasan dan Ketebalan Lapisan Aluminium. *Jurnal Teknologi Bahan dan Barang Teknik*, 4*(1), 15-22.
- [23] Taufik, M. (2011). *Studi Eksperimental Proses Anodizing pada Aluminium untuk Meningkatkan Kekerasan Permukaan*. Prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV.