

PENGARUH VARIASI ARUS DAN WAKTU PADA ANODISASI TYPE HARD PROSES TERHADAP KEKERASAN PERMUKAAN ALUMINIUM

Diki Aditia¹, Ramli Usman², Yuniati²

¹Mahasiswa Prodi D-IV Teknologi Rekayasa Manufaktur

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe

Jl. Banda Aceh – Medan Km. 280 Buketrata

dikiaditia11@gmail.com

Abstrak

Aluminium merupakan logam yang banyak digunakan untuk bahan baku komponen otomotif karena sifatnya yang ringan dan mudah diproses. Di samping memiliki keunggulan tersebut, Aluminium juga mempunyai kelemahan yaitu mudah terdeformasi dan mempunyai nilai kekerasan dan ketahanan aus yang rendah. Salah satu cara untuk meningkatkan kekerasan dari logam Aluminium tersebut dengan proses anodisasi, dimana proses ini merupakan proses pelapisan elektrolisa pada permukaan logam Aluminium yang mengalami oksidasi. proses anodisasi dapat meningkatkan ketahanan terhadap korosi, meningkatkan daya tahan terhadap abrasi dan dapat memberikan pewarnaan terhadap Aluminium. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh rapat arus dan waktu perendaman pada proses anodisasi. Proses anodisasi dilakukan dengan memvariasikan rapat arus pada 2.8 Amp/dm², 3 Amp/dm², 3.6 Amp/dm² dan memvariasikan waktu 30 menit, 40 menit, dan 50 menit. Setelah itu dilakukan pengujian kekerasan permukaan menggunakan microhardness vickers dengan pembebanan 200gf. Nilai kekerasan waktu 30 menit dengan rapat arus 2.8 Amp/dm² 301.03 HVN, 3 Amp/dm² 255.93 HVN, 3.6 Amp/dm² 139.13 HVN. hasil kekerasan dari waktu 40 menit dengan rapat arus 2.8 Amp/dm² 256.57 HVN, 3 Amp/dm² 276.57 HVN, 3.6 Amp/dm² 242.57 HVN.. begitu juga dengan kekerasan waktu 50 menit dengan rapat arus 2.8 Amp/dm², 160.80 HVN, 3 Amp/dm² 156.83 HVN 3.6 Amp/dm² 186.80 HVN. Proses Anodisasi dapat meningkatkan kekerasan lapisan permukaan material Aluminium Alloy 6061 secara signifikan dari 107.03 HVN menjadi 301.03 HVN pada waktu 30 menit dan rapat arus 2.8 Amp/dm².

Kata kunci : Anodisasi, Rapat arus, Waktu, Kekerasan

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Aluminium merupakan logam yang banyak digunakan untuk bahan baku komponen otomotif karena Sifatnya ringan dan mudah diproses menjadi bentuk yang diinginkan serta mempunyai unjuk kerja yang sesuai untuk beberapa komponen yang tidak memerlukan kekuatan tinggi. Selain itu Aluminium juga mudah membentuk oksida pasif yang dapat mencegah berlangsung nya proses korosi. Namun disamping keunggulan tersebut Aluminium juga mempunyai kelemahan yaitu mudah terdeformasi dan mempunyai nilai kekerasan dan ketahanan aus yang rendah. Sifat sifat tersebut dapat menurunkan masa pakai komponen jika komponen tersebut beroperasi pada kondisi yang harus bergesekan dengan komponen lainnya. Oleh karena itu, Jika Aluminium digunakan sebagai bahan komponen pokok dalam mesin yang akan mengalami beban kerja yang terus menerus, selama mesin itu bekerja. Salah satu contohnya pulley dalam aplikasinya pulley dituntut

mempunyai sifat tahan haus, tahan terhadap korosi, dan mempunyai kekerasan yang tinggi [1].

Salah satu cara untuk meningkatkan kekerasan dari logam Aluminium tersebut yaitu proses anodisasi, dimana proses ini merupakan proses pelapisan dengan cara elektrolisa pada permukaan logam Aluminium yang mengalami oksidasi, terbentuknya lapisan oksida pada permukaan logam Aluminium [2]. Di samping itu proses anodisasi dapat meningkatkan ketahanan terhadap korosi, meningkatkan daya tahan terhadap abrasi dan dapat memberikan pewarnaan terhadap Aluminium [3]. Proses pelapisan secara anodisasi dipengaruhi oleh banyak factor seperti, temperatur, tegangan, kuat arus, dan jenis larutan elektrolit.

Dimana larutan elektrolit dibagi menjadi tiga type diantaranya yaitu type Chromic, type Sulfat dan type Hard proses. Jenis Aluminium yang dapat di anodisasi yaitu Aluminium Murni (1xxx), Paduan Al-Mg (5xxx), dan Aluminium paduan Al-Mg-Si (6xxx) [4].

[5] pernah meneliti pengaruh konsentrasi elektrolit type Hard dengan Asam Sulfat 25% dan Asam Oksalat 6% dan waktu anodisasi terhadap kekerasan lapisan oksida pada paduan Aluminium Al-Mg. hasil menunjukkan bahwa proses anodisasi cenderung meningkatkan kekerasan Aluminium paduan Al-Mg pada waktu 7 menit dengan kekerasan VHN 189.

[6] pernah meneliti pengaruh kuat arus dan waktu terhadap kekerasan pada proses anodisasi menggunakan elektrolit type Sulfat dan menggunakan logam Aluminium murni, hasil menunjukkan bahwa proses anodisasi cenderung meningkatkan kekerasan Aluminium murni pada kuat arus 1.5 Ampere dan waktu 25 menit.

Menurut [7] komposisi paduan Aluminium yang berbeda membutuhkan rapat arus dan tegangan untuk anodisasi yang berbeda pula. Misalnya anodisasi pada Aluminium yang mengandung logam paduan Tembaga atau Magnesium membutuhkan rapat arus/tegangan yang lebih tinggi di dibandingkan dengan Aluminium murni atau yang mengandung Silikon atau Magnesium.

Berdasarkan latar belakang diatas maka penulis mencoba untuk meneliti Pengaruh Variasi Arus dan Waktu pada anodisasi type Hard Proses terhadap Kekerasan Permukaan Aluminium Alloy 6061 sehingga diharapkan proses ini menghasilkan sifat fisik dan mekanis pada logam Aluminium paduan yang optimal.

1.2 Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui pengaruh variasi waktu dan kuat arus proses Anodisasi terhadap kekerasan lapisan oksidasi sehingga didapatkan hasil yang optimal dari proses Anodisasi pada aluminium Alloy 6061.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi oleh hal-hal berikut :

1. Material yang digunakan untuk proses Anodisasi yaitu Aluminium Alloy 6061.
2. Larutan yang digunakan adalah H_2SO_4 (asam sulfat) dengan konsentrasi 12% dan $H_2C_2O_4$ (asam oksalat) dengan konsentrasi 1%. Dengan suhu sekitar 10 °C.
3. Proses Anodisasi dengan variasi waktu selama 30 menit, 40 menit, 50 menit.
4. Tegangan listrik (voltase) yang digunakan adalah 40 volt dan menggunakan rapat arus sebesar $2.8 \text{ Amp}/\text{dm}^2$, $3 \text{ Amp}/\text{dm}^2$, $3.6 \text{ Amp}/\text{dm}^2$.

5. Penelitian ini hanya menganalisis pengaruh proses Anodisasi terhadap kekerasan permukaan aluminium Alloy 6061.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini direncanakan akan dilakukan di Politeknik Negeri Lhokseumawe. Yang bertempat di Labolaturium Kimia dasar dan Labolatorium pengujian bahan. Waktu penelitian ini di jadwalkan akan berlangsung Selama 3-4 bulan.

2.1 Bahan dan Peralatan

Material utama yang digunakan adalah Aluminium Alloy 6061 akan di anodisasi, dengan larutan (*hard Anodizing*), dan katoda yang digunakan adalah Pb, serta kawat aluminium.

Aluminium dan paduannya adalah logam non ferrous yang memiliki berat jenis yang rendah (low density) yaitu $2,7 \text{ g}/\text{cm}^3$ sepertiga dari density baja ($7,9 \text{ g}/\text{cm}^3$). Aluminium merupakan logam yang ringan dan memiliki ketahanan korosi yang baik, hantaran listrik yang baik dan sifat - sifat lainnya. Umumnya aluminium dapat dipadukan dengan logam lainnya (tembaga, magnesium, silikon, dan seng) sehingga membentuk aluminium paduan yang memiliki sifat mekanik yang lebih baik [8]. Al 6061 merupakan seri 6xxx dari aluminium yang tergolong pada aluminium murni dengan kandungan aluminium Magnesium 0.8-1.2% dan Silikon 0.4-0.8% (*Aluminum Association, 2015.*)

Adapun peralatan pendukung yang digunakan diantaranya:

- Gelas ukur, termometer, heater, avometer, beker glass, rectifire, alat potong, mistar, palu, tang, stopwach, sarung tangan dll.
- Microhardness tester (microvikers)
Aparatus : FUTURE-TECH
Microhardness FM-800
Product : Japan
Date : 10-2015
- Mikroskop Nikon
- Camera sony cyber shoot DSC-W810 21 MP

2.2 Tahapan Penelitian

Berikut ini adalah tabel 1 tahapan proses dan parameter yang digunakan pada proses *Anodizing* Al 6061.

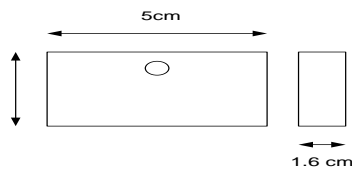
Tabel 1. Tahapan Proses, Bahan kimia & kondisi operasi Proses *Anodizing* & *Coloring* pada logam Al 6061

No	Tahapan	Komposisi bahan Kimia	Kondisi Operasi				
			Suhu	Tegangan	Kuat Arus	Waktu Rendam	Pengadukan
1.	Manual Cleaning	-					
2.	rinse	Aquades	Ruangan			1 menit	Menggerakkan Benda kerja
3.	Alkaline Cleaning	NaOH 5%	65°C			5 Menit	Menggerakkan Benda kerja
4.	Rinse	Aquades	Ruangan			1 menit	Menggerakkan Benda kerja
5.	Alkaline Etching	H ₂ PO ₃ dan HNO ₃	80°C			5 menit	Menggerakkan Benda kerja
6.	Rinse	Aquades	Ruangan			1 menit	Menggerakkan Benda kerja
7.	Desmuting	HNO ₃	Ruangan			2 menit	Menggerakkan Benda kerja
8.	Rinse	Aquades	Ruangan			1 menit	Menggerakkan Benda kerja
9.	Anodisasi	H ₂ SO ₄ 12% dan H ₂ C ₂ O ₄ 1%	10 °C	40 Volt	2.8, 3, dan 3.6Amp/dm ²	30, 40, dan 50 menit	Menggerakkan Benda kerja
10.	Rinse	Aquades	Ruangan			1 menit	Menggerakkan Benda kerja
11.	Coloring	Dye Black Blue, dan Red	60°C			20 menit	Menggerakkan Benda kerja
12.	Rinse	Aquades	Ruangan			1 menit	Menggerakkan Benda kerja
13.	Sealing	Aquades atau mikiel Cobalt	90-100°C			10 menit	Menggerakkan Benda kerja
14.	drying						

Pada proses ini langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Persiapan Benda Kerja

Benda kerja (Al 6061) dipotong menjadi spesimen dengan ukuran P x L x T (5 cm x 2.7 cm x 1.6 cm).



Gambar 1 Dimensi spesimen

2. Persiapan larutan kimia dan penyetingan alat

Larutan kimia akan ditempatkan pada wadah/bak yang telah disediakan, kemudian dilakukan penyetingan alat-alat (Gambar 1), seperti: rectifire, avometer, heater, dan pemasangan katoda Pb. Pada bak *anodizing* agar suhu dibawah temperatur ruang (10°C) yang diinginkan dapat tercapai (yang ditunjukkan pada thermometer), maka pada sekeliling bak akan didinginkan menggunakan es batu secara *continue*, supaya suhu tetap stabil.



Gambar 2. Penyetingan Peralatan

3. Proses Pratrement

- Pada proses ini dilakukan proses *manual cleaning*, yaitu proses penghilangan kotoran dan debu pada spesimen menggunakan kertas abrasive, kemudian spesimen dibersihkan menggunakan larutan kimia (Alkohol/MEK/Acetone),

setelah itu *Racking* spesimen.

- Selanjutnya adalah proses penghilangan lemak yang menempel pada logam menggunakan larutan *alkaline cleaning* selama 5 menit.
- Rinsing aquades* selama 1 menit, kemudian angkat dan lakukan WFBT (*Water Film Break Test*) untuk mengetahui WBFS (*water break free surface*) terbentuk atau tidak [3].
- Setelah WBFS dipastikan terbentuk, selanjutnya dilakukan *Chemical etching* pada benda kerja selama 5 menit, kemudian dilanjutkan dengan *rinsing* selama 1 menit.
- Setelah itu lakukan proses *desmutting* pada benda kerja selama 2 menit, kemudian *rinsing* selama 1 menit.

4. Proses Anodizing

proses anodisasi akan divarisaikan dengan tiga rapat arus yang berbeda, yaitu: 2.8 Amp/dm², 3 Amp/dm², 3.6 Amp/dm². Masing-masing kuat arus akan divariasikan dengan waktu yang berbeda, yaitu; 30, 40 dan 50 menit. Pelapisan akan dilakukan pada suhu 10 °C.

- Ikut/gantungkan kawat yang telah mengikat spesimen pada kutub negatif bak anodizing, dan pastikan kawat menempel dengan sempurna.
- Atur arus pada rectifier sesuai dengan parameter yang diberikan dan tunggu proses anodisasi selama waktu yang telah ditentukan.

5. Proses Rinsing

Setelah proses *anodizing* dilakukan celupkan benda kerja pada aquades selama 1 menit. Untuk benda kerja/spesimen yang tidak dilakukan proses pewarnaan dan sealing bisa langsung dikeringkan.

6. Proses Pencelupan Zat Warna (coloring)

Pada proses ini logam hasil *anodizing* dicelupkan dalam larutan zat warna selama 20 menit dengan suhu 60°C.

7. Rinsing

Setelah proses coloring celupkan benda kerja pada aquades selama 1 menit.

8. Proses Sealing

Pada proses ini pori – pori yang terbentuk pada proses anodizing ditutup kembali agar zat warna tersekap dalam pori – pori. Istilah sealing secara umum sebagai penjaga agar bahan atau pengaruh fisis tidak masuk untuk mempengaruhi lapisan anodik. *Sealing* dilakukan dengan menggunakan air yang panas yang menyebabkan

hidrasi dari lapisan anodik. Diharapkan sealant terserap oleh lapisan anodik, jika lapisan anodik dimasukkan dalam air murni atau larutan *Aquadest* dan $H_2Cr_2O_4$ pada suhu tinggi (98-100 °C). Air bereaksi dengan aluminium oksida membentuk *boehmite*.

9. Proses *Drying*

Pada proses ini benda kerja bisa langsung dikeringkan dengan udara yang bersih hingga benar-benar kering atau bisa juga menggunakan udara bertekanan yang bersih menggunakan kompresor untuk mempercepat proses pengeringan, setelah benar-benar kering lepaskan kawat aluminium dari spesimen.

2.3 Pengujian Material

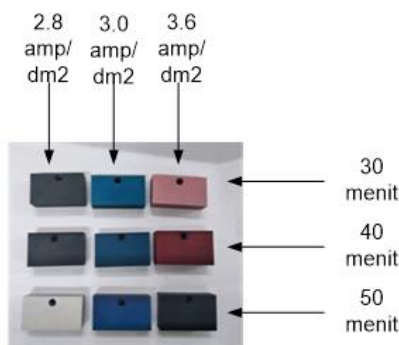
Uji *microhardness* dilakukan menggunakan metode mikrovickers dengan pembebanan 200 g.f dan lama indentasi selama 8 detik, pengujian dilakukan di tiga titik permukaan aluminium secara acak dan selanjutnya dari data yang didapat dan dikumpulkan kemudian diolah dan diambil suatu kesimpulan.

Kemudian untuk melihat struktur makro digunakan mikroskop dengan pembesaran 5x, dan kamera 21 MP.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Anodisasi

Setelah anodisasi terhadap spesimen selesai dilakukan hasil dari spesimen setelah anodisasi dapat dilihat pada gambar 3.



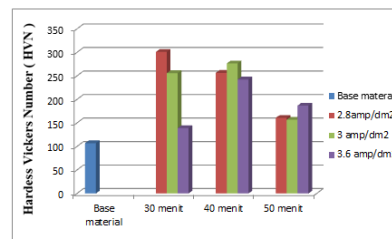
Gambar 3. Spesimen Sesudah Anodisasi

3.2 Pengujian Kekerasan

Tabel 2. Hasil Pengujian Kekerasan Mikrovickers

Jenis Material	Nilai Kekerasan			Kekerasan rata-rata	waktu	Suhu	Rapat Arus	Keterangan
	Titik 1	Titik 2	Titik 3					
Aluminium Alloy 6061	105.80	65.40	149.90	107.03				Base material
Aluminium 061	273.50	436.70	192.90	301.03	30 menit	10°C	2.8 Amp/dm ²	Hitam
	261.80	286.10	219.90	255.93			3.0 Amp/dm ²	Merah
	99.20	127.00	191.20	193.13			3.6 Amp/dm ²	Biru
Aluminium 6061	199.90	349.10	220.70	256.57	40 menit	10°C	2.8 Amp/dm ²	Hitam
	312.00	343.20	174.50	276.57			3.0 Amp/dm ²	Merah
	199.30	166.60	361.80	242.57			3.6 Amp/dm ²	Biru
Aluminium 6061	113.60	167.10	201.07	160.80	50 menit	10°C	2.8 Amp/dm ²	No warna
	137.50	115.60	217.40	156.83			3.0 Amp/dm ²	Biru
	156.30	211.20	192.90	186.80			3.6 Amp/dm ²	Hitam

Berdasarkan tabel 2 maka dapat dilihat bahwa nilai kekerasan pada permukaan benda kerja pada setiap titiknya memiliki nilai yang berbeda, pada proses anodisasi terjadi reaksi anoda dan katoda. Namun, ketika anoda terbuat dari Aluminium, demikian juga dengan katoda dan ketika diberikan arus listrik, pada anoda, Aluminium (Al) tidak akan melarut seperti tembaga (Cu). Sebagian besar oksigen yang terbebas akan bereaksi dengan aluminium membentuk lapisan tipis aluminium oksida atau alumina (*Aluminum Oxide*), sedangkan hydrogen akan dibebaskan pada katoda. Dan hasil yang sempurna pada proses anodisasi itu terjadinya penggelapan warna pada spesimen.



Grafik 1. Grafik kekerasan terhadap base material, variasi arus dan waktu

Dari grafik 1 di atas dapat dilihat bahwa nilai kekerasan base material Aluminium Alloy 6061 hanya 107.03 HVN dan mengalami peningkatan kekerasan setelah di anodisasi. Pada grafik di atas juga dapat dilihat bahwa nilai kekerasan yang didapat pada waktu 40 menit, dengan rapat arus 2.8 Amp/dm², 3 Amp/dm², 3.6 Amp/dm² dengan kekerasan 256.57 HVN, 276.57 HVN, 242.57 HVN. Hal ini membuktikan bahwa waktu 40 menit

lebih stabil dalam menghasilkan kekerasan dan dianjurkan untuk dilakukan pada proses anodisasi. Dan pada tabel diatas didapat kekerasan terbaik pada rapat arus $2.8 \text{ Amp}/\text{dm}^2$ waktu 30 menit sudah termasuk dalam kategori *Hard Anodize Film* yang memiliki kekerasan 301.03 HVN . Menurut [9] Kekerasan dengan nilai 200-250 HVN pada lapisan yang dianodisasi merupakan lapisan *soft decorative films*, sedangkan kekerasan dengan nilai 300-500 HVN sudah termasuk dalam kategori *hard anodize films*. Akan tetapi kekerasan yang dihasilkan pada waktu 30 menit dengan rapat arus $3.6 \text{ Amp}/\text{dm}^2$ memiliki kekerasan yang paling rendah dibandingkan dengan yang lainnya dikarenakan tidak meratanya kekerasan yang dihasilkan pada setiap bagian titik dari spesimen dari akibat arus tidak sampai ke spesimen dan terbagi ke kawat Aluminium.

Pada grafik diatas juga pada waktu 50 menit dengan $2.8 \text{ Amp}/\text{dm}^2, 3 \text{ Amp}/\text{dm}^2, 3.6 \text{ Amp}/\text{dm}^2$ terjadi penurunan drastis pada kekerasan yang dihasilkan, karena hasil kekerasannya 160.80 HVN, 156.83 HVN, dan 187.80 HVN. Terjadi penurunan kekerasan tersebut dikarenakan larutan anodisasinya tidak diganti, yaitu tetap menggunakan larutan awal yang dipakai pada variasi waktu 30 menit. Maka terjadi penjumlahan terhadap larutan anodisasinya dan membuat reaksi oksidasinya jadi melambat dan materi struktur oksida yang terbentuk pada spesimen tersebut jelek atau struktur lapisan yang terbentuk menjadi tidak rapat [10] Sehingga hal itu berdampak pada kekerasan struktur permukaannya, dimana kekerasan rata-ratanya mengalami penurunan.

Pernyataan [11] Menyebutkan hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil arus listrik dan waktu pencelupan pada proses *Hard anodizing* berpengaruh terhadap kekerasan, hal ini disebabkan oleh lapisan Aluminium oksida yang terbentuk. makin banyak dan rapat sejalan dengan naiknya arus listrik sehingga kekerasan lapisan pun makin meningkat.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan beberapa poin penting sebagai berikut :

1. Dalam hasil perhitungan, semakin tinggi rapat arus yang digunakan maka semakin tebal lapisan yang di hasilkan.
2. Proses Anodisasi dapat meningkatkan kekerasan lapisan permukaan material

Aluminium Alloy 6061 secara signifikan dari 107.03 HVN menjadi 301.03 HVN pada waktu 30 menit dan rapat arus $2.8 \text{ Amp}/\text{dm}^2$.

3. Pada Waktu 40 menit dan rapat Arus $2.8 \text{ Amp}/\text{dm}^2, 3 \text{ Amp}/\text{dm}^2, 3.6 \text{ Amp}/\text{dm}^2$ menghasilkan kekerasan stabil dibandingkan dengan variasi Waktu yang lainnya
4. Terjadi penurunan kekerasan pada waktu 50 menit dan rapat arus $2.8 \text{ Amp}/\text{dm}^2, 3 \text{ Amp}/\text{dm}^2, 3.6 \text{ Amp}/\text{dm}^2$ dikarenakan larutan anodisasinya tidak diganti, Maka terjadi penjumlahan terhadap larutan anodisasinya dan membuat reaksi oksidasinya jadi melambat.
5. Nilai kekerasan yang dihasilkan pada permukaan Aluminium Alloy 6061 terjadi pada material dengan spesimen dengan variasi waktu 30 menit dan rapat arus $2.8 \text{ Amp}/\text{dm}^2$ yaitu sebesar 301.03 HVN.

5. Saran

Berdasarkan analisis data dan pembahasan hasil dari penelitian ini dapat disarankan beberapa poin penting sebagai berikut :

1. Untuk melakukan penelitian Pengaruh Variasi Arus dan Waktu pada Anodisasi type hard proses terhadap kekerasan permukaan dengan menggunakan Aluminium Alloy 6061, diharapkan dilakukan pengujian yang lainnya seperti perhitungan ketebalan dan SEM atau pengujian lainnya. Agar data yang didapat lebih *valid* dan menjadi referensi dan tolak ukur untuk hasil Anodisasi.
2. Sebaiknya pada saat pengujian, benda uji dan spesimen difoto sebelum dan sesudah melakukan pengujian.
3. Untuk penelitian selanjutnya jangan terlalu banyak menggunakan macam-macam parameter yang divariasikan, agar pengolahan data lebih terfokus dan terarah.

6. Daftar Pustaka

- [1] B. Kusharjanta and D. Ariawan, "Kajian Letak Saluran Masuk (Ingate) Terhadap Cacat Porositas, Kekerasan, Dan Ukuran Butir Paduan Aluminium Pada Pengecoran Menggunakan Cetakan Pasir," *Mekanika*, vol. 10, no. 1, 2011.

- [2] F. A. Lowenheim, "Electroplating--
Fundamentals of Surface Finishing,"
McGraw-Hill B. Co., New York. 1978, 560,
1978.
- [3] J. B. Mohler and J. B. Mohler,
Electroplating and related processes.
Chemical Publishing Company New York,
1969.
- [4] M. Z. Mubarak and S. Wahyudi, "Effects of
anodizing parameters in tartaric-sulphuric
acid on coating thickness and corrosion
resistance of Al 2024 T3 alloy," *J. Miner.*
Mater. Charact. Eng., vol. 3, no. 03, p. 154,
2015.
- [5] B. W. Sidharta and I. R. Soekrisno,
"Pengaruh Konsentrasi Elektrolit dan
Waktu Anodisasi Terhadap Ketahanan Aus,
Kekerasan Serta Ketebalan Lapisan Oksida
Paduan Aluminium Pada Material Piston."
[Yogyakarta]: Universitas Gadjah Mada,
2013.
- [6] D. Ikbal, J. Jufriadi, and Y. Yuniati,
"pengaruh variasi kuat arus, waktu dan
pewarnaan terhadap kekerasan permukaan
pada proses anodisasi aluminium 1100," *J.*
Mesin Sains Terap., vol. 1, no. 2, 2018.
- [7] M. F. Stevenson Jr, "Anodizing," 2013.
- [8] W. D. Callister, *Materials science and
engineering-an introduction.* John wiley &
sons, 2007.
- [9] Gabe,DR.2006. Hard Anodize-What do we
mean by hard, louahbroruah
University,U,K.
- [10] Setiawan, S.W. (2018. Pengaruh Variasi
Arus Proses Anodizing terhadap ketebalan
lapisan Oksida dan Kekerasan Permukaan
Aluminium, Yogyakarta, Univ. SANATA
DHARMA.
- [11] N. N. Santhiarsa, "Pengaruh Kuat Arus
Listrik dan Waktu Proses Hard Anodizing
pada Aluminium terhadap Kekerasan dan
Ketebalan Lapisan," *J. Ilmiah, Jur. Tek.*
Mesin Univ. Udayana, 2009.