



PENGARUH VARIASI WAKTU *ANODIZING* TERHADAP STRUKTUR PERMUKAAN, KETEBALAN LAPISAN OKSIDA DAN KEKERASAN ALUMINIUM 1XXX

Sulaksono Cahyo Prabowo

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Jl. Lingkar Selatan, Tamantirto, Kasihan, Bantul Yogyakarta 55183

dimazprabowo12@gmail.com

INTISARI

Aluminium 1XXX adalah jenis logam yang banyak digunakan di industri manufaktur. Namun demikian aluminium 1XXX memiliki sifat yang lunak sehingga mudah terdeformasi. Salah satu cara untuk meningkatkan sifat fisik dan mekaniknya adalah dengan *anodizing*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu *anodizing* terhadap sifat fisik dan mekanik aluminium 1XXX.

Proses *anodizing* menggunakan larutan asam sulfat 40% dan aquades 60% dengan rapat arus 0,5 Ampere/cm², tegangan 18 Volt dan variasi waktu *anodizing* 5, 10 dan 15 menit dengan suhu elektrolit 40-45 °C. Proses Pengujian meliputi uji struktur permukaan dengan foto makro dan SEM, lalu uji kekerasan dengan *micro vickers* dan uji ketebalan lapisan oksida dengan foto mikro.

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa struktur makro permukaan setelah *anodizing* membentuk suatu lapisan berbutir yang terbentuk maksimal pada waktu *anodizing* 10 menit. Struktur mikro permukaan memperlihatkan adanya pori-pori yang mengindikasikan terbentuknya lapisan oksida. Pada kekerasan permukaan setelah *anodizing* menunjukkan adanya peningkatan dimana kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen pada waktu *anodizing* 15 menit yaitu 55,16 VHN, standar deviasi $\pm 1,90$. Pada lapisan oksida menunjukkan peningkatan ketebalan setelah di *anodizing*. Ketebalan tertinggi terdapat pada spesimen pada waktu *anodizing* 15 menit dengan tebal lapisan 56,8 μm , standar deviasi $\pm 2,28$.

Kata kunci: Aluminium 1XXX, *anodizing*, lapisan oksida, kekerasan Permukaan.

1. Pendahuluan

Penggunaan material logam yang semakin meningkat seiring perkembangan waktu mengharuskan inovasi untuk semakin berkembang, dengan tujuan agar efisiensi penggunaan material logam dapat meningkat serta dapat

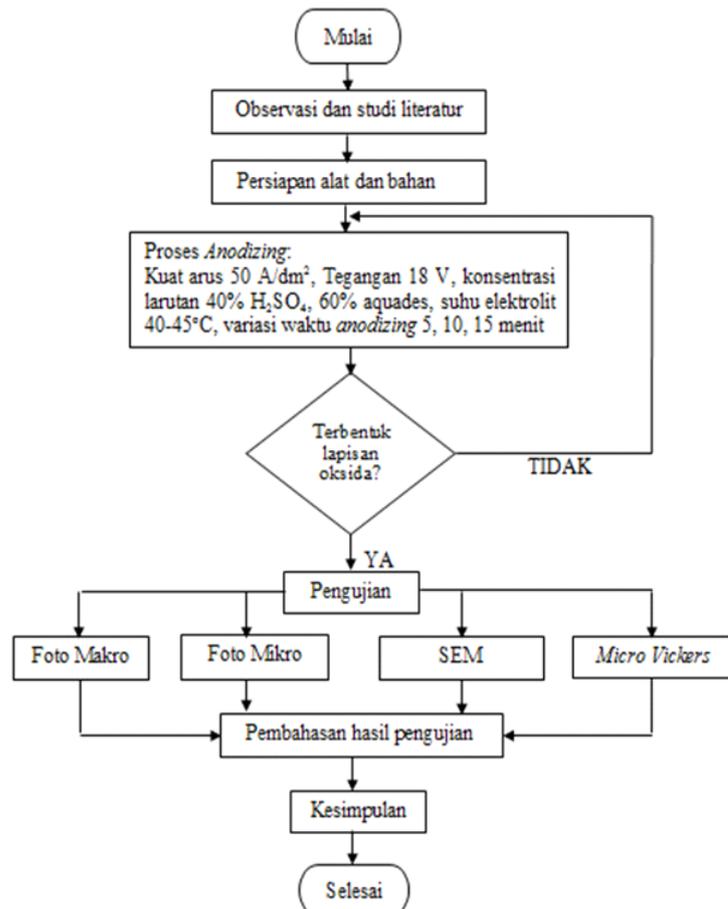
memperbaiki sifat fisik dan mekanik material logam, sehingga berguna untuk kepentingan industri. Salah satu material logam yang banyak digunakan dalam industri adalah aluminium dikarenakan kelebihanannya diantaranya ringan, tahan korosi dan memiliki konduktivitas listrik maupun termal yang tinggi (Suhariyanto, 2003). Namun demikian pada aluminium khususnya seri 1XXX dengan kemurnian 99% terdapat kekurangan dikarenakan sifatnya yang lunak sehingga menyebabkan aluminium tersebut mudah terdeformasi dan rentan mengalami keausan (Rasyid dkk, 2009). oleh sebab itu, untuk meningkatkan sifat fisik dan mekaniknya, perlu dilakukan suatu perlakuan yaitu dengan metode *anodizing*.

Anodizing bertujuan untuk mengoksidasi aluminium sehingga permukaannya membentuk suatu lapisan berupa aluminium oksida (Al_2O_3) yang bersifat keras. kekerasan ini akan meningkatkan ketahanan terhadap deformasi dan keausan (Santhiarsa, 2009). *Anodizing* dilakukan dengan mencelupkan aluminium ke dalam larutan elektrolit asam dan mengalirkan arus listrik melalui medium tersebut. Aluminium bertindak sebagai anoda sehingga terjadi perpindahan ion menuju katoda yang menyebabkan terbentuknya lapisan oksida pada permukaan aluminium (Taufik, 2011). *Anodizing* dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya rapat arus, waktu pencelupan dan tegangan yang menyebabkan sifat fisik dan mekanik aluminium menjadi bervariasi (Sabthiarsa, 2009). Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh variasi waktu pencelupan *anodizing* terhadap struktur permukaan, ketebalan lapisan dan kekerasan aluminium 1XXX serta merekayasa permukaan aluminium sehingga terbentuk suatu lapisan kasar yang berbeda dengan permukaann hasil *anodizing* pada umumnya.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dimana spesimen berupa aluminium 1XXX berukuran 50 mm x 30 mm dengan tebal 2.8 mm di *anodizing* menggunakan larutan asam sulfat 40% dan aquades 60% dengan rapat arus 0,5 Ampere/cm², tegangan 18 Volt dan variasi waktu pencelupan 5, 10 dan 15 menit serta suhu elektrolit yang dijaga antara 40-45 °C. Selanjutnya dilakukan proses

pengujian terhadap hasil *anodizing* tersebut yang meliputi uji struktur permukaan dengan foto makro dan *scanning electron microscope* (SEM), lalu uji kekerasan dengan *micro vickers* dan uji ketebalan lapisan oksida dengan foto mikro. Diagram alir penelitian ditampilkan pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1. Tahapan proses *anodizing*

Terdapat beberapa bagian proses dalam melakukan *anodizing* yaitu sebagai berikut :

a. Pengamplasan

Proses awal yaitu spesimen aluminium 1XXX dipotong menggunakan gergaji besi hingga berukuran 50 mm x 30 mm. spesimen yang sudah dipotong lalu diamplas dengan amplas logam seri C500, C1000, C1500 hingga

permukaannya halus dan bebas dari *scratch*. Setelah pengamplasan spesimen lalu dibersihkan dalam proses *cleaning* menggunakan larutan natrium karbonat (Na_2CO_3) 50gr/liter dalam bak plastik dan di cuci menggunakan *sprayer*.

b. *Etching*

Etching bertujuan untuk menghilangkan lapisan oksida yang terbentuk secara alami. Menggunakan larutan soda api (NaOH) dengan konsentrasi 100gr/liter aquades. Dengan suhu ruangan bak plastik 30-35°C. spesimen di *etching* selama ± 1 menit lalu dicuci menggunakan *sprayer*.

c. *Desmut*

Desmut bertujuan untuk menghilangkan *smut* atau lapisan tipis berwarna abu-abu hingga hitam yang berasal dari bahan-bahan pembentuk logam aluminium seri 1XXX yang tidak dapat larut dalam larutan *etching*. Komposisi larutan *desmut* yaitu 75% *phosphoric acid* (H_3PO_4), 15% asam sulfat (H_2SO_4) dan 10% asam cuka (CH_3COOH). Dengan suhu ruangan bak plastik 30-35°C, spesimen dicelupkan dalam larutan *desmut* selama ± 3 menit lalu dicuci menggunakan *sprayer*.

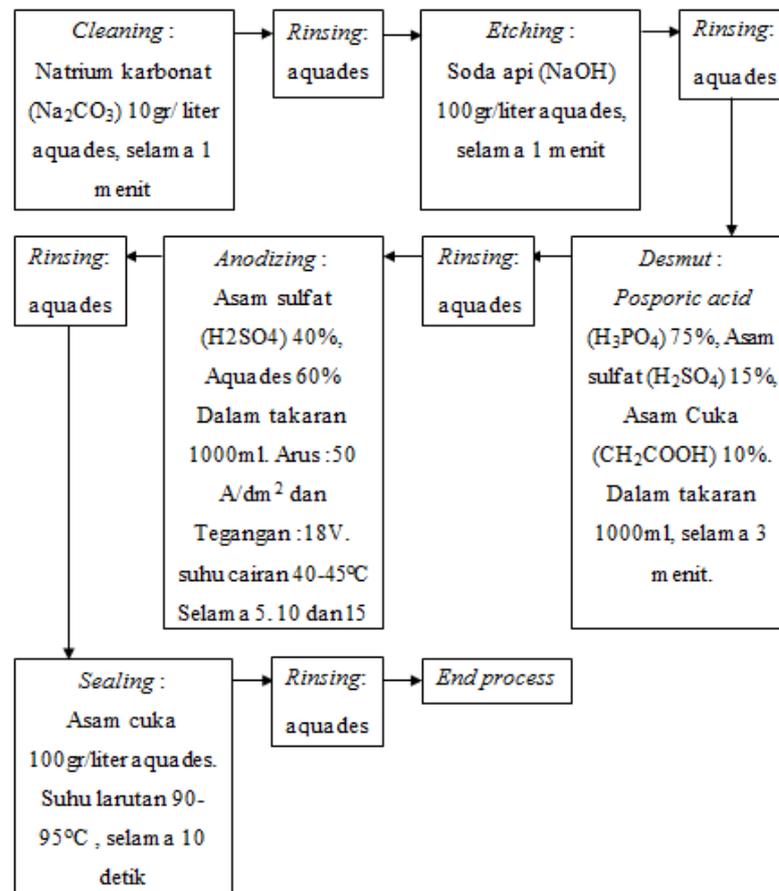
d. *Anodizing*

Anodizing bertujuan untuk menghasilkan lapisan oksida pada aluminium. Komposisi larutan *anodizing* yaitu 400ml asam sulfat (H_2SO_4) dan 600ml aquades. Pada proses *anodizing* spesimen dipasang sebagai anoda atau pada kutub positif (+) dan plat aluminium sebagai katoda atau kutub negatif (-). Sebelum mencelupkan spesimen kedalam larutan, tegangan pada adaptor DC diatur terlebih dahulu yaitu sebesar 18 Volt lalu spesimen dicelupkan kedalam larutan elektrolit dan diatur arusnya sebesar 0,5 Ampere/cm² 4 ampere. Suhu elektrolit dijaga antara 40-45°C. Setelah itu dilakukan variasi waktu pencelupan menggunakan *stopwatch* selama 5, 10, dan 15 menit. Setelah proses *anodizing* selesai kemudian spesimen di cuci menggunakan *sprayer*

e. *Sealing*

Sealing bertujuan untuk menutup pori-pori lapisan sehingga kekerasannya dapat meningkat. komposisi larutan *sealing* yaitu asam cuka 50gr/liter air

suling (aquades). spesimen dicelupkan selama ± 10 detik kedalam larutan *sealing* dengan suhu antara 90-95°C. kemudian spesimen di cuci menggunakan *sprayer*. Skema proses anodizing ditunjukkan pada gambar 2.

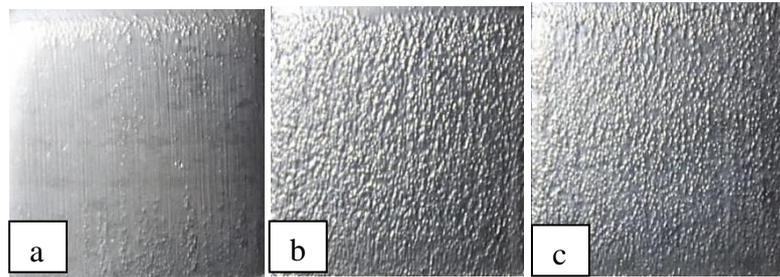


Gambar 2. Skema Proses *Anodizing*

3. Hasil dan Pembahasan

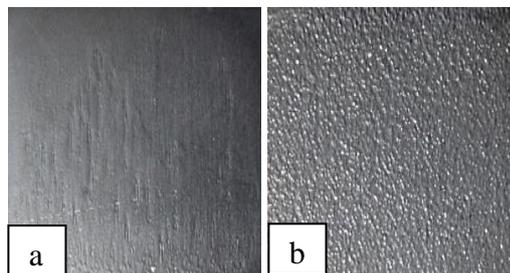
3.1. Hasil *Anodizing*

Dari hasil *anodizing* pada gambar 3 memperlihatkan perbedaan yang cukup signifikan terhadap permukaan ketiga spesimen dimana pada spesimen (a) permukaan terlihat lebih rata dibandingkan dengan spesimen (b) dan (c). lalu pada spesimen (b) memperlihatkan permukaan yang kasar dan tidak rata. dan pada spesimen (c) memperlihatkan permukaan yang kasar namun tidak lebih kasar dibandingkan permukaan pada spesimen (b).



Gambar 3. Hasil *anodizing* Aluminium 1XXX dengan suhu elektrolit 40-45 °C dengan variasi waktu pencelupan (a) 5 menit. (b) 10 menit. (c) 15 menit.

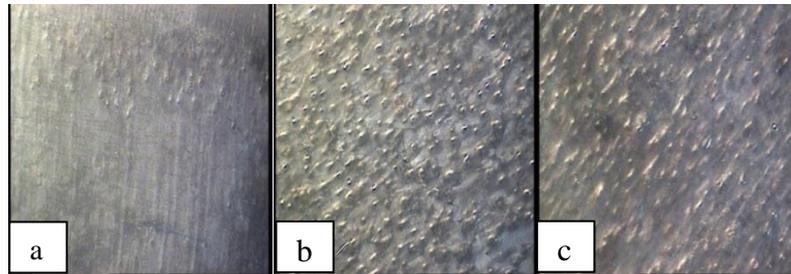
Dalam penelitian ini suhu elektrolit dijaga antara 40-45°C dimana suhu elektrolit yang kurang dari 40°C akan menyebabkan tidak terbentuknya lapisan oksida dengan permukaan kasar dan apabila suhu elektrolit lebih dari 45 °C menyebabkan *burning* pada permukaan kasar yang telah terbentuk. yang ditampilkan pada gambar 4.



Gambar 4. (a) Hasil *anodizing* selama 15 menit dengan suhu Ruangan, (b) Hasil *anodizing* selama 15 menit dengan suhu > 45°C

3.2. Hasil Foto Makro

Pengujian foto makro menggunakan magnifikasi (perbesaran) 10X. hasil foto makro ditampilkan pada gambar 5. Dimana pada spesimen (a) memperlihatkan permukaan yang lebih rata dibandingkan spesimen (b) dan (c), selain itu dapat terlihat pula mulai terbentuk suatu titik-titik pada permukaan spesimen. Pada spesimen (b) memperlihatkan permukaan yang tidak rata dan titik-titik yang terbentuk terlihat homogen tersebar pada permukaan spesimen. Lalu pada spesimen (c) permukaan tampak seperti mengalami peluruhan.

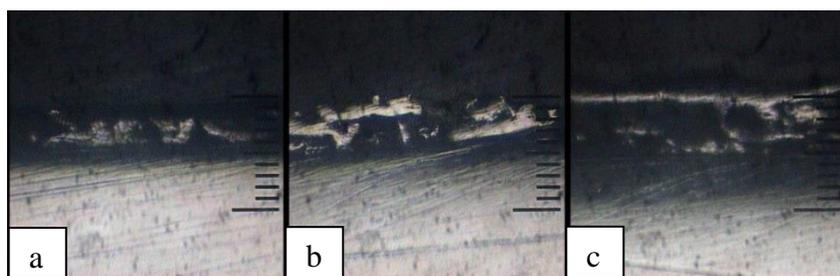


Gambar 5. Foto makro aluminium 1XXX setelah *anodizing* dengan waktu pencelupan (a) 5 menit, (b) 10 menit, (c) 15 menit.

Dari hasil tersebut mengindikasikan bahwa waktu pencelupan selama 10 menit adalah waktu dimana titik-titik terbentuk secara maksimal, setelah itu permukaan cenderung mengalami peluruhan. Peluruhan ini disebabkan oleh naiknya densitas arus akibat *anodizing* yang terlalu lama sehingga arus yang tinggi dapat memicu terjadinya degradasi pada butiran.

3.3. Hasil Foto Mikro Lapisan Oksida

Foto mikro bertujuan untuk melihat ketebalan lapisan oksida yang terbentuk setelah *anodizing* menggunakan perbesaran masing masing 100 kali.

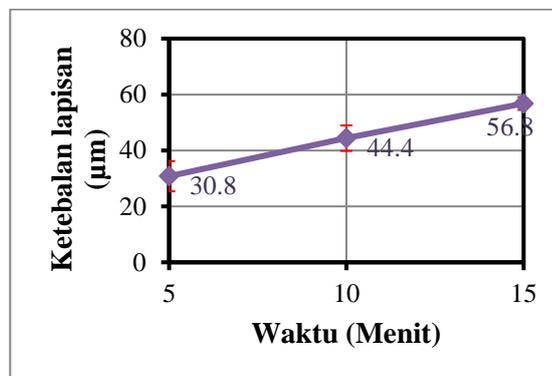


Gambar 6. Foto mikro ketebalan lapisan oksida dengan variasi pencelupan *anodizing* (a) 5 menit (b) 10 menit (c) 15 menit

Dari hasil foto mikro yang ditampilkan pada gambar 6, dapat terlihat perbedaan ketebalan lapisan oksida aluminium 1XXX setelah *anodizing* dimana pada spesimen (a) dengan lama waktu pencelupan 5 menit menghasilkan tebal

rata-rata 30.8 μm . Pada spesimen (b) ketebalan lapisan oksida terlihat semakin meningkat dengan tebal rata-rata 44.4 μm . Pada spesimen (c) lapisan oksida terus bertambah ketebalannya seiring waktu pencelupan dengan tebal rata-rata 56.8 μm

Dari hasil pengukuran tersebut kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik yang ditunjukkan pada gambar 7 dimana semakin lama waktu pencelupan pada proses *anodizing* akan menyebabkan lapisan oksida yang terbentuk pada permukaan aluminium menjadi semakin tebal. Hal ini disebabkan oleh perpindahan ion-ion yang bertambah dan semakin merapat dan membentuk suatu lapisan oksida yang semakin tebal seiring bertambahnya waktu pencelupan.

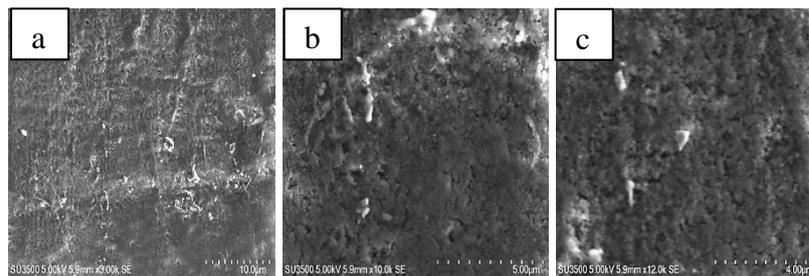


Gambar 7. Grafik hubungan antara lama waktu *anodizing* terhadap ketebalan lapisan oksida yang dihasilkan.

Pada penelitian yang pernah dilakukan oleh Shantiarsa (2009) mengenai variasi waktu pencelupan *anodizing* terhadap ketebalan lapisan oksida pada aluminium seri 2024-T3 menggunakan arus 3 A dengan variasi pencelupan 10, 20 dan 30 menit menghasilkan ketebalan berturut-turut 2,83 μm , 3,30 μm dan 4 μm . Penelitian tersebut memiliki korelasi terhadap penelitian ini namun terdapat perbedaan data, dimana pada penelitian ini lapisan oksida yang dihasilkan lebih tebal. perbedaan tersebut disebabkan penggunaan jenis material yang berbeda serta parameter lain seperti waktu pencelupan serta arus yang berbeda pula.

3.4. Hasil Foto Scanning Electron Microscope (SEM)

Pada pengujian ini hanya satu spesimen yang diuji coba menggunakan SEM yaitu spesimen dengan waktu pencelupan *anodizing* selama 10 menit dengan tiga macam magnifikasi (perbesaran) yaitu 3000, 10000 dan 12000 kali. Yang ditampilkan pada gambar 8.



Gambar 8. Foto SEM aluminium 1XXX setelah *anodizing* selama 10 menit dengan magnifikasi (a) 3000X (b) 10000X (c) 12000X

Hasil uji SEM pada magnifikasi 3000X memperlihatkan struktur permukaan yang tidak merata, selain itu masih terdapat *charging* pada gambar yang disebabkan oleh menumpuknya elektron pada satu titik yang dikarenakan *coating* yang kurang merata. Pada magnifikasi 10000X dapat terlihat adanya struktur berpori yang terbentuk pada permukaan namun kurang merata, dan pada magnifikasi 12000X pori-pori tampak lebih dominan. Pori-pori tersebut berukuran 5 mikron hingga 10 mikron.

Struktur permukaan berpori mengindikasikan adanya lapisan oksida yang terbentuk pada permukaan aluminium 1XXX. Namun demikian lapisan oksida yang dihasilkan menunjukkan adanya permukaan yang tidak rata dan tidak homogen, hal ini disebabkan oleh suplai arus yang berlebih ketika proses *anodizing*, arus yang terlalu tinggi dapat memicu pemanasan lokal di bagian bawah pori-pori selama *anodizing*. Panas lokal menyebabkan distribusi arus menjadi inhomogen, yang dapat menyebabkan terjadinya *breakdown* pada lapisan oksida sehingga lapisan tersebut akan terkikis dalam larutan.

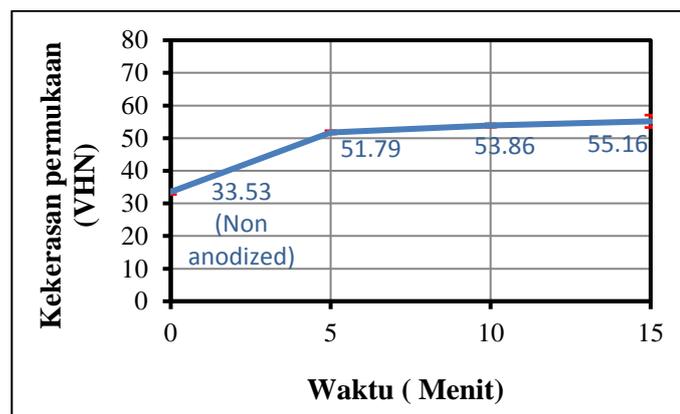
Nugroho (2010) melakukan penelitian mengenai pengaruh lama waktu *anodizing* terhadap struktur mikro permukaan aluminium paduan 2024-T3

menggunakan alat uji SEM. Hasil penelitian tersebut memperlihatkan adanya struktur berpori yang terbentuk pada aluminium paduan 2024-T3 setelah *anodizing* dengan variasi pencelupan 30, 40, 50 dan 60 menit. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa proses pencelupan *anodizing* yang semakin lama dapat menyebabkan pori-pori menjadi bertambah, selain itu ukuran pori-pori menjadi semakin besar dengan ukuran pori hingga 50 mikron.

3.5. Hasil Uji Kekerasan Mikro Vickers

Pengujian kekerasan menggunakan pembebanan sebesar 25 gf dengan lama waktu pembebanan 5 detik. Hasil uji kekerasan yang diperoleh ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara lama waktu pencelupan terhadap nilai kekerasan yang ditunjukkan pada gambar 9.

Berdasarkan grafik pada gambar 9 dapat diketahui nilai kekerasan pada material dasar (*raw material*) sebelum proses *anodizing* adalah 33.53 VHN. Setelah di *anodizing* selama 5 menit kekerasan permukaan menunjukkan peningkatan dengan nilai kekerasan rata-rata 51.79 VHN. Pada waktu pencelupan 10 menit kekerasan rata-rata semakin meningkat menjadi 53.86 VHN. Pada waktu pencelupan selama 15 menit kekerasan cenderung semakin meningkat dengan nilai kekerasan rata-rata 55.16 VHN.



Gambar 9. Grafik hubungan antara lama waktu *anodizing* terhadap nilai kekerasan permukaan.

Dari hasil pengujian kekerasan yang ditampilkan pada gambar 9 diatas dapat diketahui bahwa lama waktu pencelupan pada proses *anodizing* dapat mempengaruhi naiknya nilai kekerasan pada permukaan aluminium seri 1XXX, dimana semakin lama waktu pencelupan pada proses *anodizing* dapat menyebabkan kekerasan permukaan menjadi semakin meningkat. Hal ini disebabkan oleh lapisan oksida yang bersifat keras sehingga ketika lapisan tersebut semakin tebal maka kekerasan pada permukaan menjadi semakin meningkat.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian mengenai Pengaruh Variasi Waktu *Anodizing* Terhadap Struktur Permukaan, Ketebalan Lapisan Oksida dan Kekerasan Aluminium 1XXX maka kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Struktur makro permukaan aluminium 1XXX setelah *anodizing* memperlihatkan adanya butiran yang terbentuk dimana semakin lama waktu *anodizing* menyebabkan butiran tersebut semakin bertambah dengan ukuran yang semakin meningkat.
2. Lapisan oksida aluminium 1XXX menunjukkan peningkatan ketebalan setelah dilakukan *anodizing*. Ketebalan tertinggi terdapat pada waktu pencelupan selama 15 menit dengan tebal rata-rata 56.8 μm .
3. Struktur mikro permukaan aluminium 1XXX setelah *anodizing* cenderung menghasilkan struktur berpori dengan ukuran pori antara 5-10 μm .
4. Kekerasan permukaan aluminium 1XXX menunjukkan peningkatan setelah dilakukan *anodizing*. Kekerasan tertinggi terdapat pada waktu pencelupan selama 15 menit dengan nilai rata-rata 55.16 VHN

DAFTAR PUSTAKA

- Nugroho, Fajar. (2015), "*Pengaruh Rapat Arus Anodizing Terhadap Nilai Kekerasan Pada Plat Aluminium Paduan AA Seri 2024-T3*". Jurnal angkasa. Vol. 7 (2), 39-48.
- Rasyid, Muhammad, dkk. (2009), "*Aluminium Murni Dan Paduannya*". Makalah, Institut Pertanian Bogor.
- Santhiarsa, N.N. (2009), "*Pengaruh Kuat Arus Listrik dan Waktu Proses Hard Anodizing Pada Aluminium 2024-T3 Terhadap Kekerasan dan Ketebalan Lapisan*". Jurnal Material Teknik. Vol. 3 (2), 164-169.
- Shidarta, Bambang Wahyu. (2012), "*Pengaruh Konsentrasi Elektrolit Dan Waktu Anodisasi Terhadap Ketahanan Aus Dan Kekerasan Pada Lapisan Oksida Paduan Aluminium ADC 12*". Jurnal aplikasi sains dan teknologi. Vol. 3, A132-A137.
- Suhariyanto. (2003), "*Perbaikan Sifat Mekanik Paduan Aluminium (A 356.0) Dengan Menambahkan TiC*", Surabaya, Jurnal Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Taufik, Tania. (2011), "*Anodizing Pada Logam Aluminium dan Paduannya*", Makalah, Institut Teknologi Bandung.