

# OPTIMASI PROSES PELAPISAN ANODISASI KERAS PADA PADUAN ALUMINIUM

**Eka Febriyanti**

Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur (B2TKS) – BPPT

Kawasan Puspitek Serpong Tangerang 15314

E-mail : eka.ndut@yahoo.com

## Intisari

Aluminium merupakan logam yang banyak digunakan untuk bahan baku komponen otomotif karena ringan dan mudah diproses menjadi bentuk yang diinginkan. Namun disamping keunggulan tersebut aluminium juga mempunyai kelemahan yaitu mudah terdeformasi dan mempunyai nilai kekerasan dan ketahanan aus yang rendah, sehingga tidak sesuai untuk aplikasi yang kondisinya harus bergesekan dengan komponen lainnya. Karena itu untuk aplikasi tersebut aluminium harus ditingkatkan kekerasan dan ketahanan ausnya, salah satunya dengan proses anodisasi keras. Pada penelitian ini proses anodisasi keras dilakukan dengan memberi konsentrasi asam sulfat 15 wt % yang dicampur dengan konsentrasi asam oksalat yang berbeda-beda dengan pengaturan temperatur yang berbeda pula, serta dilakukan pada waktu anodisasi yang berbeda beda. Dari hasil penelitian terlihat bahwa dengan penambahan konsentrasi berat asam oksalat dapat meningkatkan ketebalan dan kekerasan lapisan hasil proses anodisasi keras sampai titik optimal. Namun hal tersebut berbanding terbalik dengan kenaikan temperatur anodisasi, semakin meningkatnya temperatur anodisasi ketebalan dan kekerasan lapisan anodis menurun. Dengan bertambahnya waktu anodisasi justru meningkatkan ketebalan lapisan anodis dan menurunkan kekerasannya. Ketebalan lapisan anodis terbaik sebesar 89,6  $\mu\text{m}$  didapat dari penelitian anodisasi keras dengan temperatur 9 °C, asam oksalat 2 wt %, dan waktu anodisasi selama 60 menit. Kekerasan lapisan anodis tertinggi sebesar 515 HV didapat dari penelitian anodisasi keras dengan temperatur 5 °C, asam oksalat 1 wt %, dan waktu anodisasi selama 30 menit.

*Kata kunci : Aluminium, Anodisasi keras, Konsentrasi, Temperatur, Waktu, Ketebalan, Kekerasan*

## Abstract

*Aluminum is one of the metals that commonly used for automotive parts because it has specific character such as light weight and easy to be processed to the desired shapes. Nevertheless, aluminum is also easy to be deformed, has low hardness and low wear resistance. Therefore, aluminum needs to be treated for application where abrasive process is taken place. One of the treatment for aluminum to improved its hardness and wear resistance is hard anodizing. In this research , hard anodizing has been proceed using 15 wt % sulphate acid mixed with various weight of oxalic acid at different temperature and duration arrangement. Experimental result show that addition of oxalic acid concentration can increase thickness and hardness value of anodized layer to the optimal point. However, by increasing anodizing temperature the thickness and hardness of anodized layer decrease. With increasing anodizing time, it can improves thickness of anodized layer but decreases its hardness value. The optimum thickness of anodized layer that can be obtained is 89,6  $\mu\text{m}$  at variation of temperature 9 °C, oxalic acid of 2 wt % and 60 minutes of anodization time. The optimum hardness that can be obtained is 515 HV at variation of temperature 5 °C, oxalic acid of 1 wt % and 30 minutes of anodization time.*

*Keywords : Aluminum, Hard anodizing, Concentration, Temperature, Time, Thickness, Hardness*

## PENDAHULUAN

Selain baja, aluminium merupakan logam yang banyak digunakan untuk bahan baku komponen otomotif karena 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 berlangsungnya 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 baku komponen yang diaplikasikan pada kondisi tersebut seperti misalnya piston, maka kekerasan dan ketahanan ausnya harus ditingkatkan. Dalam aplikasinya piston dituntut untuk mempunyai sifat tahan aus, tahan terhadap korosi dan mempunyai ketangguhan yang baik. Ada beberapa cara yang dapat digunakan untuk meningkatkan sifat sifat tersebut salah satunya adalah dengan proses anodisasi keras.

Anodisasi keras adalah proses rekayasa permukaan aluminium yang bertujuan untuk memberi lapisan pasif pada permukaan aluminium. Kelebihan dari proses anodisasi keras yaitu dapat menghasilkan lapisan oksida yang memiliki nilai kekerasan lebih tinggi dibandingkan dengan logam induknya<sup>[1]</sup> bahkan bisa mendekati nilai kekerasan intan<sup>[2]</sup>. Dengan proses ini diharapkan karakteristik lapisan oksida yang dihasilkan pada permukaan aluminium seperti ketebalan dan kekerasan yang tinggi serta ketahanan aus dan ketahanan korosi yang baik dapat tercapai<sup>[2]</sup>.

Beberapa proses rekayasa permukaan tersedia untuk memperbaiki sifat mekanis permukaan logam, salah satunya adalah proses anodisasi keras. Proses anodisasi keras bertujuan untuk membentuk lapisan oksida yang kompak dan tahan korosi di suatu permukaan logam yang dalam penelitian ini menggunakan material aluminium.

Proses ini menggunakan larutan asam sulfat dengan konsentrasi sekitar 10-20 % berat dengan atau tanpa aditif, sedangkan rapat arus yang digunakan sebesar 2-3,6 A/dm<sup>2</sup>, dengan temperatur operasi yang sekitar 10 ± 1 °C<sup>[3]</sup>. Kualitas hasil dari

proses anodisasi keras umumnya tercermin dari nilai ketebalan dan kekerasan lapisan oksida yang dihasilkan.

Ketebalan lapisan oksida pada proses anodisasi keras bisa dipengaruhi oleh beberapa faktor : yaitu besarnya tegangan yang digunakan, densitas arus yang mengalir, luas penampang permukaan yang mengalami anodisasi, dan waktu dari anodisasi itu sendiri<sup>[4]</sup>.

Secara teoritis ketebalan lapisan oksida dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Pers.1) :

$$\text{Thickness } (\mu\text{m}) = \frac{\text{Curren density (A/dm}^2\text{) X Time (min)}}{3}$$

Dari persamaan diatas dapat dilihat bahwa densitas arus dan waktu anodisasi akan mempengaruhi tebalnya lapisan dari oksida yang terbentuk. Semakin lama waktu anodisasi maka ketebalan lapisan anodisnya semakin bertambah<sup>[4]</sup>.

Selain itu ketebalan lapisan anodis juga berbanding lurus terhadap K (konstanta pembentukan lapisan anodis). Jadi penambahan konsentrasi elektrolit (larutan asam oksalat) akan memperbesar nilai konstanta pembentukan lapisan anodis (K), sehingga penambahan konsentrasi asam oksalat akan menyebabkan bertambahnya ketebalan lapisan anodis karena semakin kecil jumlah oksida yang dilarutkan kembali.

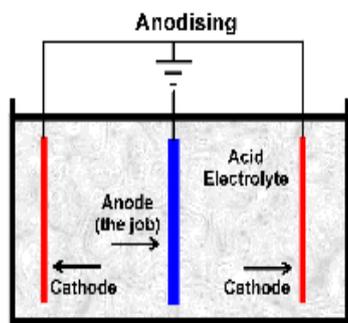
Konsentrasi asam oksalat akan berpengaruh terhadap massa dan ketebalan dari *porous anodic layer*, jika tidak menjaga kondisi anodisasi seperti temperatur dan dissolusi kimianya serta waktu anodisasi maka lapisan anodisnya akan tipis dan rapuh apabila bereaksi dengan lingkungan atmosfer. Hasil seperti ini akan menurunkan kekerasan dan ketahanan aus logam. Disamping itu dengan penambahan asam oksalat dan waktu anodisasi melebihi batas optimal maka akan bertambah pula jumlah dan ukuran porositas dari lapisan tersebut

sehingga kekerasan dari lapisan anodis yang terbentuk akan menurun.

## PROSEDUR PERCOBAAN

### Peralatan dan Bahan

Material yang digunakan untuk proses anodisasi keras dalam penelitian ini adalah aluminium. Aluminium berperan sebagai anoda yaitu logam yang dapat dianodisasi. Sedangkan yang berperan sebagai katoda adalah logam *inert* yaitu emas. Logam Al disiapkan ukurannya sebesar 10 x 5 cm untuk anodisasi lalu dilakukan *degreasing* untuk menghilangkan lemak di permukaannya. Larutan yang digunakan pada proses *degreasing* yaitu larutan NaOH. Reaksinya dengan aluminium bersifat eksotermik, menghasilkan hydrogen dan *sodium aluminat* serta dapat meningkatkan temperatur larutan <sup>[2]</sup>. Kemudian dilakukan pencucian dan etsa basa (*alkali etching*) logam Al dengan NaOH 50 gpl selama 3 menit. Setelah itu dilakukan pencucian dan penghilangan oksida (*desmutting*) logam Al menggunakan HNO<sub>3</sub> 25 % selama 2 menit. Selanjutnya dilakukan proses anodisasi keras dengan elektrolit asam sulfat yang konsentrasinya 10-20 wt % seperti yang dapat dilihat di Gambar 1. Hal itu karena larutan ini mudah dikontrol dan cukup ekonomis. Pada penelitian ini juga menggunakan tambahan asam oksalat sebagai elektrolit organiknya.



Gambar 1. Rangkaian sel anodisasi<sup>[5]</sup>

## Variabel Percobaan

Pada penelitian ini variabel percobaan dirancang dengan membuat variasi temperatur, waktu dan rapat arus. Temperaturnya diatur dari 5 °C , 9 °C , 19 °C , dan 28 °C ; kemudian waktu anodisasi yaitu 15, 30, 45, dan 60 menit ; serta rapat arus antara 60 - 400 A/m<sup>2</sup> ; dan potensial berkisar antara 20 - 100 volt.

## Pengujian

Setelah dilakukan proses anodisasi keras, logam Al dicuci dan dikeringkan untuk persiapan ke tahapan selanjutnya yaitu pengujian.

Pengujian yang dilakukan yaitu ketebalan, kekerasan, dan pengujian visual untuk mengamati perubahan warna akibat pembentukan lapisan anodis Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan lapisan oksida. Metode yang digunakan yaitu metode indentasi *vickers microhardness* mengacu pada standar ASTM E 92. Metode vickers menggunakan alat yang disebut dengan *vickers microhardness tester* kemudian hasil yang didapat diukur dengan mikroskop dan dihitung dengan menggunakan rumus Pers. (2).

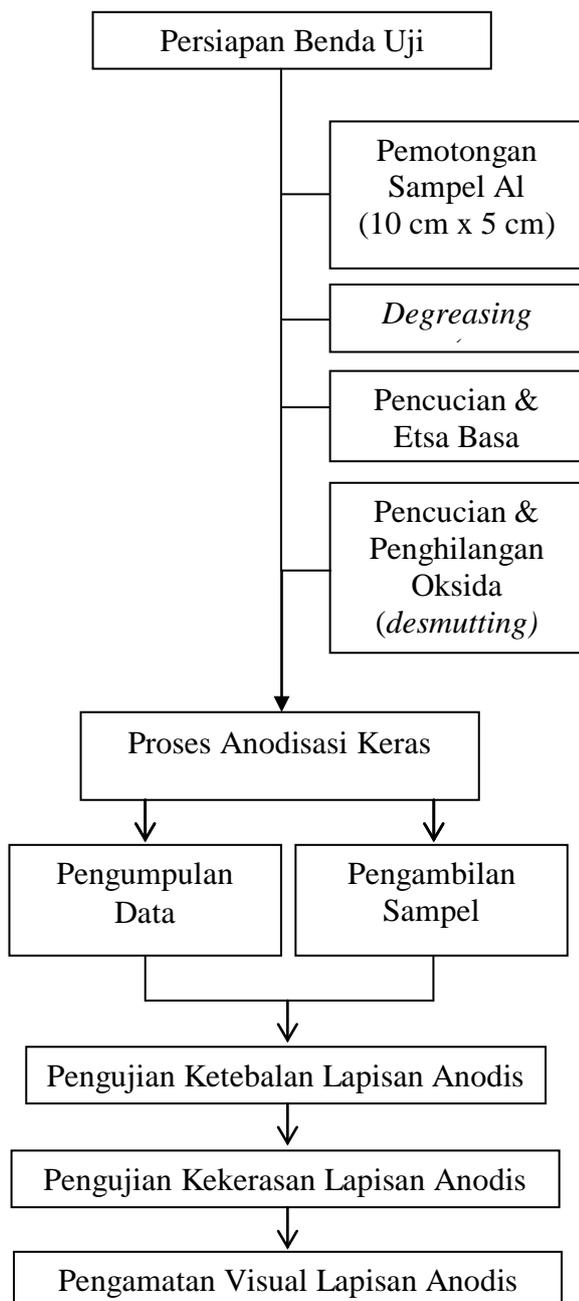
$$HV = \frac{1,8544 \times P}{d^2} \quad (2)$$

dimana P adalah beban (kg) dan d adalah panjang diagonal rata-rata (mm).

Pengujian ketebalan lapisan anodis menggunakan standar ASTM B 487-85 tentang *measurement of metal and oxide coating thickness by microscopial examination of cross section*. Alat yang digunakan adalah *Dermatron D-9 UPA Technology Corp*. Spesimen yang telah dianodisasi dibersihkan permukaannya dengan alkohol lalu dikeringkan. Kemudian dilakukan pengujian ketebalan setelah dilakukan kalibrasi pada alat tersebut.

Pengamatan warna lapisan anodis  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dilakukan secara visual. Warna yang dihasilkan dari berbagai kondisi operasi anodisasi dibandingkan satu dengan yang lainnya lalu dicatat warnanya. Penampakan warnanya terlihat antara abu-abu muda sampai abu-abu kehitaman tergantung waktu anodisasinya.

Metode percobaan anodisasi keras secara jelas dapat dilihat dengan *flowsheet* (lembar alir) pada Gambar 2.

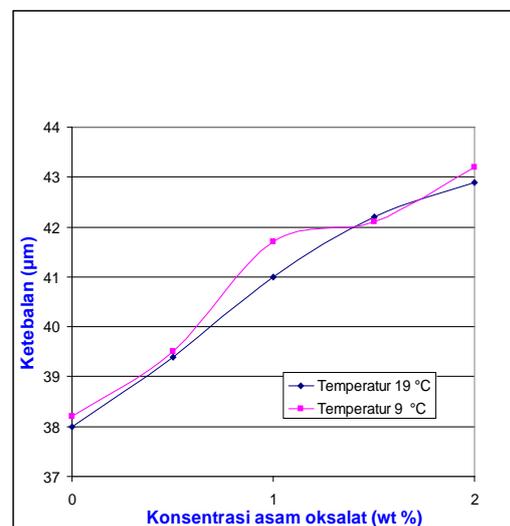


**Gambar 2.** *Flowsheet* (lembar alir) penelitian anodisasi keras

## HASIL DAN PEMBAHASAN

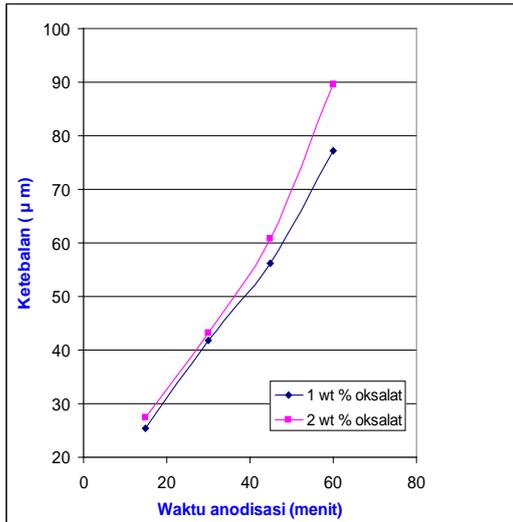
### Ketebalan Lapisan Anodis

Pengaruh penambahan asam oksalat terhadap ketebalan lapisan anodis yang dihasilkan ditampilkan pada Gambar 3. Dapat dilihat bahwa penambahan asam oksalat pada larutan anodisasi keras / larutan asam sulfat hingga konsentrasi 2 % berat (20 gr/L), cenderung akan meningkatkan ketebalan lapisan anodis dengan cukup besar. Ketebalan lapisan anodis akan meningkat dari 38  $\mu\text{m}$  menjadi 42,9  $\mu\text{m}$  pada temperatur 19  $^{\circ}\text{C}$ .



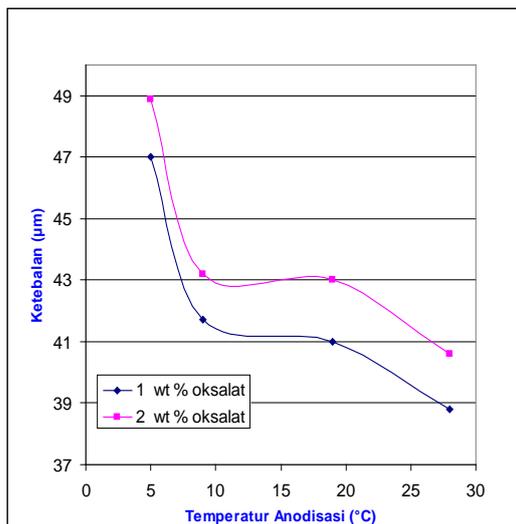
**Gambar 3.** Hubungan ketebalan lapisan anodis terhadap konsentrasi asam oksalat

Sedangkan pengaruh penambahan waktu anodisasi terhadap ketebalan lapisan anodis yang dihasilkan ditampilkan pada Gambar 4. Dapat dilihat bahwa dengan bertambahnya waktu anodisasi dari 15 menit hingga 60 menit cenderung akan meningkatkan ketebalan lapisan dengan tajam. Ketebalan lapisan anodis dengan waktu anodisasi 15 menit hanya 23  $\mu\text{m}$ , sedangkan dengan waktu anodisasi 60 menit ketebalan lapisan anodis meningkat menjadi 90  $\mu\text{m}$  pada 2 wt % asam oksalat.



**Gambar 4.** Hubungan ketebalan lapisan anodis terhadap waktu anodisasi

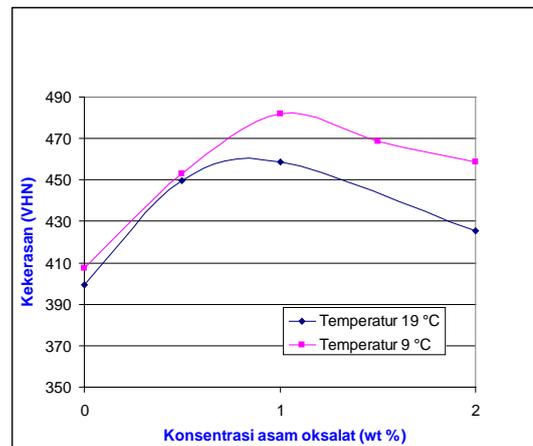
Untuk pengaruh penambahan temperatur anodisasi terhadap ketebalan lapisan anodis yang dihasilkan ditampilkan pada Gambar 5. Dengan kenaikan temperatur anodisasi keras dari 5 °C hingga 28 °C, cenderung akan menurunkan ketebalan lapisan anodis dengan cukup tajam pada 1 wt % dan 2 wt % penambahan asam oksalat ( $H_2C_2O_4$ ).



**Gambar 5.** Hubungan ketebalan lapisan anodis terhadap temperatur anodisasi

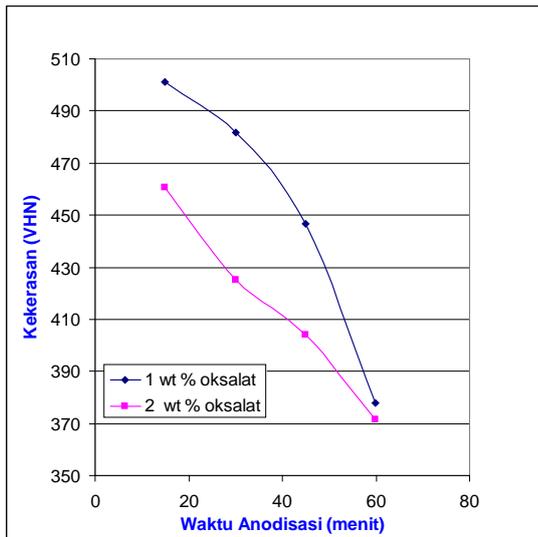
## Kekerasan Lapisan Anodis

Pengaruh penambahan asam oksalat terhadap kekerasan lapisan anodis yang dihasilkan ditampilkan pada Gambar 6. Dapat dilihat bahwa penambahan asam oksalat pada larutan anodisasi keras / larutan asam sulfat hingga konsentrasi 1 % (berat) (10 gram / liter) cenderung akan meningkatkan kekerasan lapisan anodis dengan cukup tajam dari 407,3 HV sampai 481 HV pada temperatur 9 °C. Namun penambahan asam oksalat yang lebih besar dari 1 wt % sampai 2 wt % menyebabkan kekerasan lapisan anodisnya menurun sampai 458,8 HV.



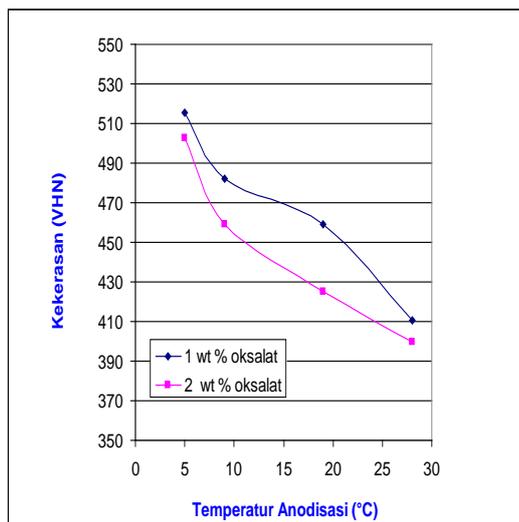
**Gambar 6.** Hubungan kekerasan lapisan anodis terhadap konsentrasi asam oksalat

Sedangkan pengaruh penambahan waktu anodisasi terhadap kekerasan lapisan anodis yang dihasilkan ditampilkan pada Gambar 7. Dapat dilihat bahwa penambahan waktu anodisasi keras dari 15 menit hingga 60 menit cenderung akan menurunkan kekerasan lapisan anodis dengan tajam dari 501 HV selama 15 menit sampai 377 HV selama 60 menit pada penambahan 1 wt % asam oksalat .



**Gambar 7.** Hubungan kekerasan lapisan anodis terhadap waktu anodisasi

Untuk pengaruh penambahan temperatur anodisasi terhadap kekerasan lapisan anodis yang dihasilkan ditampilkan pada Gambar 8. Dapat dilihat bahwa dengan kenaikan temperatur pada larutan anodisasi keras / larutan asam sulfat dari 5 °C hingga 28 °C cenderung akan menurunkan kekerasan lapisan anodis dengan cukup tajam pada penambahan 1 wt % dan 2 wt % asam oksalat .



**Gambar 8.** Hubungan kekerasan lapisan anodis terhadap temperatur anodisasi

## Penampakan Lapisan Anodis

Dari pengamatan warna lapisan anodis hasil pelapisan anodisasi keras didapat perubahan warna yang berkisar antara abu-abu sampai abu-abu kehitaman. Kepekatan warna yang dihasilkan dipengaruhi oleh ketebalan lapisan anodis, dengan meningkatnya lapisan anodis maka semakin gelap warna dari lapisan anodisnya. Dari kiri ke kanan untuk kedua gambar yaitu Gambar 9 dan Gambar 10 menunjukkan bahwa dengan penambahan waktu anodisasi dari 15 sampai 60 menit maka penampakan warna dari lapisan anodis  $Al_2O_3$  berubah dari abu-abu menjadi abu-abu kehitaman (semakin pekat warnanya).



**Gambar 9.** Penampakan lapisan anodis hasil anodisasi keras pada temperatur 19 °C dengan penambahan 1 wt % asam oksalat



**Gambar 10.** Penampakan lapisan anodis hasil anodisasi keras pada temperatur 9 °C dengan penambahan 2 wt % asam oksalat

Dari hasil pengujian ketebalan lapisan anodis ditemukan bahwa dengan penambahan konsentrasi asam oksalat pada larutan anodisasi keras / larutan asam sulfat cenderung akan meningkatkan ketebalan lapisan anodis dengan cukup besar.

Jadi, penelitian anodisasi keras ini sesuai literatur yaitu dengan penambahan konsentrasi asam oksalat maka akan mengurangi kereaktifan asam sulfat

sehingga reaksi pelarutan kembali oleh asam sulfat akan terhambat. Ini mengakibatkan *porous anodic layer* yang terbentuk akan lebih tebal. Oleh karena asam oksalat merupakan asam dengan derajat disosiasi yang rendah maka dapat menghambat asam sulfat untuk melakukan reaksi pelarutan lapisan oksida / *porous anodic layer* kembali <sup>[6]</sup>.

Selain itu, dari hasil pengujian ketebalan lapisan anodis juga didapatkan data bahwa ketebalan lapisan anodis meningkat secara tajam dengan bertambahnya waktu anodisasi.

Hal tersebut berhubungan dengan kinetika pembentukan lapisan oksida. Pertumbuhan lapisan oksida mengalami kenaikan pada proses anodisasi yang lebih lama, sehingga mengakibatkan lapisan anodis yang diperoleh menjadi lebih tebal.

Hasil pengujian ketebalan lapisan anodis juga memperlihatkan bahwa kenaikan temperatur anodisasi keras cenderung akan menurunkan ketebalan lapisan anodis.

Terjadinya penurunan ketebalan seiring dengan kenaikan temperatur disebabkan karena kecepatan reaksi pembentukan lapisan anodis semakin rendah karena diameter porous pada lapisan anodis semakin besar dengan bertambahnya temperatur. Artinya peningkatan temperatur yang terjadi digunakan untuk memperbesar ukuran diameter porous pada lapisan anodisnya dan bukan untuk meningkatkan ketebalan lapisan anodisnya <sup>[7]</sup>.

Sedangkan dari hasil pengujian kekerasan lapisan anodis ditemukan bahwa dengan penambahan konsentrasi asam oksalat pada larutan anodisasi keras / larutan asam sulfat hingga konsentrasi optimal cenderung akan meningkatkan kekerasan lapisan anodis dengan cukup tajam. Namun setelah melewati konsentrasi optimal kekerasan lapisan anodis akan menurun.

Oleh karena nilai kekerasan lapisan anodis dipengaruhi jumlah porositas lapisannya maka dengan semakin

bertambahnya larutan asam oksalat sampai dengan konsentrasi yang optimal akan menyebabkan jumlah porositasnya menurun. Penurunan nilai porositas akan menyebabkan nilai kekerasan lapisan anodis meningkat. Pada penambahan asam oksalat melebihi nilai optimal menyebabkan jumlah dan ukuran porositasnya meningkat kembali. Hal ini kemungkinan disebabkan karena poros yang terbentuk semakin besar, lunak, dan fleksibel apabila dibandingkan dengan konsentrasi yang lebih rendah <sup>[6]</sup>.

Selain itu, dari hasil pengujian kekerasan lapisan anodis juga didapatkan data bahwa kekerasan lapisan anodis akan menurun secara tajam dengan penambahan waktu anodisasi keras.

Hasil pengujian kekerasan lapisan anodis juga memperlihatkan bahwa kenaikan temperatur pada larutan anodisasi keras / larutan asam sulfat cenderung akan menurunkan kekerasan lapisan anodis dengan cukup tajam.

Penurunan kekerasan lapisan yang cukup ekstrim disebabkan karena ukuran diameter porous dan jumlah porositas semakin bertambah dengan meningkatnya temperatur anodisasi. Artinya dengan ukuran diameter porous yang besar dan terdistribusi merata dalam lapisan anodisnya (berupa peningkatan jumlah porositas) dapat menurunkan kekerasan dari lapisan anodisnya <sup>[7]</sup>.

Dari hasil pelapisan anodisasi keras didapat perubahan warna lapisan anodis yang berkisar antara abu-abu sampai abu-abu kehitaman. Penambahan waktu anodisasi menyebabkan ketebalan lapisan anodisnya meningkat sehingga penampakan warna lapisan anodisnya semakin pekat.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian anodisasi keras dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Ketebalan lapisan anodis terbaik sebesar 89,6  $\mu\text{m}$  didapat dari penelitian

anodisasi keras dengan temperatur 9 °C, asam oksalat 2 wt %, dan waktu anodisasi selama 60 menit.

2. Kekerasan lapisan anodis tertinggi sebesar 515 HV didapat dari penelitian anodisasi keras dengan temperatur 5 °C, asam oksalat 1 wt %, dan waktu anodisasi selama 30 menit.
3. Penambahan konsentrasi asam oksalat menyebabkan ketebalan lapisan anodis meningkat pada penelitian anodisasi keras.
4. Penambahan waktu anodisasi menyebabkan ketebalan lapisan anodis meningkat pada penelitian anodisasi keras.
5. Kenaikan temperatur anodisasi menyebabkan penurunan ketebalan lapisan anodis pada penelitian anodisasi keras.
6. Penambahan konsentrasi asam oksalat cenderung menyebabkan kekerasan lapisan anodis meningkat pada penelitian anodisasi keras.
7. Penambahan waktu anodisasi menyebabkan kekerasan lapisan anodis menurun pada penelitian anodisasi keras.
8. Kenaikan temperatur anodisasi menyebabkan penurunan kekerasan lapisan anodis pada penelitian anodisasi keras.
9. Dengan penambahan waktu anodisasi menyebabkan ketebalan lapisan anodisnya meningkat sehingga penampakan warna lapisan anodisnya semakin pekat (abu-abu menjadi abu-abu kehitaman).

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] The LCD Anodizing System, [http://www.caswellplating.com/kits/lcd\\_ano.pdf](http://www.caswellplating.com/kits/lcd_ano.pdf), 2003.
- [2] Beverly A. Graves, Anodized Bright ; Anodized Tough, Proquest Publishing, <http://www.proquest.com>, 2001.
- [3] J.R. Davies, Surface Engineering for Corrosion & Wear Resistance, ASM

International New York, New York, 2005.

- [4] ASM Handbook vol.5, Surface Engineering, 1996, p.482-492.
- [5] Mario S.Pennisi, Anodizing, Coating and Fabrication Publishing, <http://www.coatfab.com/anodizing.htm>, 2001.
- [6] Jessie Mesa, Skripsi Sarjana, Studi Pengaruh Penambahan Asam Oksalat pada Elektrolit Asam Sulfat terhadap Ketebalan dan Kekerasan Lapisan Oksida Hasil Anodisasi Aluminium AC8A, Departemen Metalurgi dan Material Fakultas Teknik UI, Depok, 2007, hal.39, 53-58.
- [7] Sunseri,C., *et.al.*, Porosity of Anodic Alumina Membranes from Electrochemical Measurement, Springer Verlag Publishing, <http://www.springerlink.com>, 2005.

## RIWAYAT PENULIS

**Eka Febriyanti**, lahir di Kota Jakarta pada tanggal 2 Februari 1986. Menamatkan pendidikan S1 di bidang Teknik Metalurgi dan Material Universitas Indonesia. Saat ini bekerja sebagai staff engineer Kajian Material di B2TKS-BPPT.