

PENGARUH KONSENTRASI ASAM DAN WAKTU PROSES ANODIZING TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN FISIK OKSIDA ALUMINIUM

Sulistijono*, Bagus Aviriano*

* Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

Email: ssulistijono@mat-eng.its.ac.id

ABSTRAK

Proses anodizing adalah salah satu proses pelapisan permukaan aluminium yang terus dikembangkan untuk memperbaiki sifat-sifat ketahanan korosi dan ketahanan aus atau abrasi dari aluminium selain improvisasi penampilan dekoratif, isolator listrik, meningkatkan daya ikat cat. Anodizing tidak hanya diterapkan pada aluminium saja tetapi juga bisa dilakukan untuk beberapa logam antara lain: magnesium, tembaga, seng, cadmium dan perak.

Proses anodizing pada aluminium menghasilkan lapisan tipis oksida yang berpori. Pori ini dapat dimanfaatkan untuk memberikan pewarnaan yang beragam bila diisi zat warna.

Pada penelitian ini digunakan aluminium 6063. Proses anodizing dilakukan dengan menggunakan variasi konsentrasi larutan elektrolit dan waktu proses. Larutan elektrolit yang digunakan yaitu asam sulfat dengan konsentrasi 5%, 10%, 15% dan 20% selama 30, 45 dan 60 menit dengan densitas arus 1,5 A/ft² dan temperatur kamar (Yokohama dkk 1982). Pada spesimen hasil anodizing diukur tebal lapisan anodizing dengan coating thickness. Distribusi dan dimensi pori dapat diamati dari menggunakan mikroskop optik. Diamati pula pengaruh ketebalan dan distribusi pori terhadap ketahanan abrasi pada lapisan oksida.

Dari hasil penelitian terlihat bahwa semakin besar konsentrasi dari larutan elektrolit cenderung menurunkan ketebalan lapisan oksida tetapi memperbesar ukuran pori pada permukaan lapisan oksida sehingga juga meningkatkan ketahanan abrasi pada lapisan oksida. Dengan bertambahnya waktu proses anodizing ketebalan lapisan oksida juga bertambah, pada konsentrasi larutan elektrolit tertentu.

Kata kunci : Aluminium, anodizing, oksida, pori, ketebalan lapisan, ketahanan abrasi.

1. Pendahuluan

Proses Anodizing adalah suatu proses untuk menghasilkan suatu lapisan tipis oksida dari suatu logam dan paduannya dengan cara elektrolisis dalam larutan yang sesuai. Proses anodizing dapat diklasifikasikan menjadi dua tipe proses. Kedua tipe proses anodizing tersebut yaitu tipe proses yang menghasilkan lapisan oksida penghalang (*barrier layer*) dan tipe proses yang menghasilkan lapisan oksida berpori (*porous layer*). Aluminium pada umumnya dianodizing dengan tujuan untuk meningkatkan sifat permukaan dan juga untuk tujuan dekoratif (Arini M dan Sulistijono 2005). Sifat-sifat yang dihasilkan dari proses anodizing antara lain ketahanan korosi, ketahanan abrasi, kekerasan, dan nilai tampilan dekoratifnya.

Pada umumnya ketebalan lapisan oksida berpori dan bentuk pori yang dihasilkan dari proses anodizing (Arlon 2006) dipengaruhi oleh jenis larutan asam atau larutan elektrolit, konsentrasi larutan elektrolit, densitas arus, temperatur larutan elektrolit dan waktu pencelupan elektroda ke dalam larutan elektrolit. Dalam percobaan ini akan diteliti pengaruh dari konsentrasi larutan elektrolit dan waktu proses anodizing terhadap ketebalan dan ketahanan abrasi pada lapisan oksida aluminium.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari pengaruh konsentrasi larutan asam sulfat dan waktu proses anodizing terhadap ketebalan dan ketahanan abrasi pada lapisan oksida serta mengamati distribusi pori yang terjadi pada lapisan oksida aluminium.

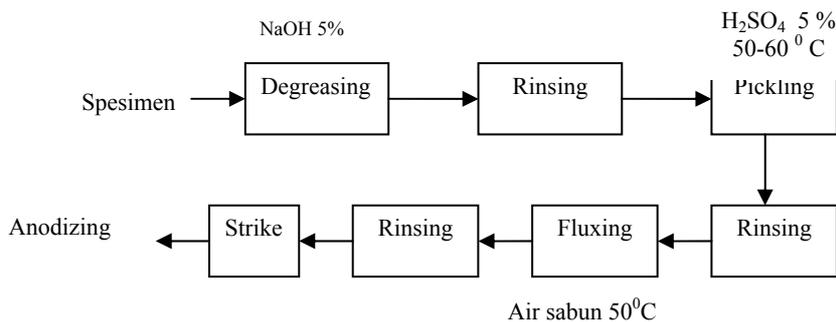
2. Metode Penelitian

Alat yang digunakan dalam proses anodisasi adalah : Rectifier, Anoda aluminium, Katoda aluminium, *Beker Glass*, Gelas Ukur, AVO meter, *Timer Switch*, Kabel aluminium, Bak anodizing. Sedangkan alat yang digunakan dalam proses penyegelan (*sealing*) adalah: Pemanas listrik, Gelas ukur, Bak *sealing*, dan alat yang digunakan untuk pengukuran hasil pengujian adalah: *Coating Thickness Minitest 600 B electro physic*, Mikroskop Optik.

Bahan larutan yang digunakan adalah asam sulfat teknis (*Sulfuric Acid*) dan air sedangkan bahan larutan penyegelan adalah air. Pada penelitian ini digunakan pelat aluminium seri 6063

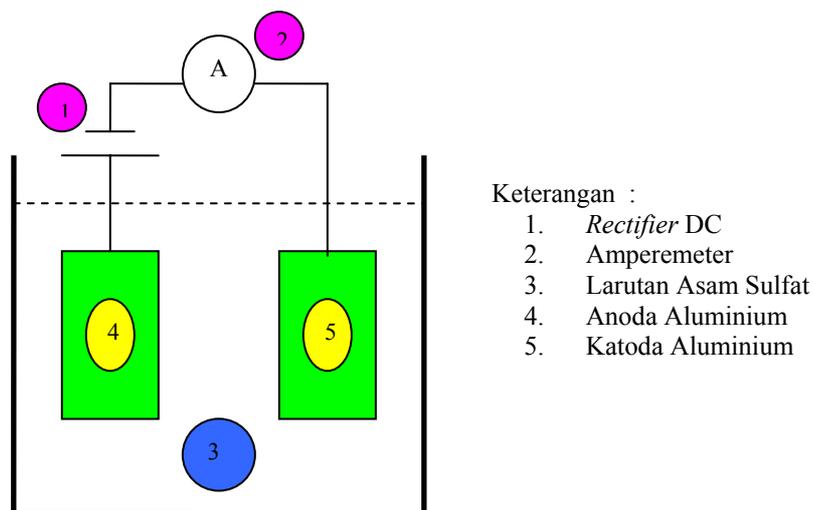
berdimensi 50x50x4 mm. Aluminium seri 6 ini memiliki komposisi 98,90 % Al ; 0,38 % Mg dan 0,69 % Si. Kondisi lingkungan ketika proses anodisasi: Temperatur 25 °C, Waktu proses anodisasi 30, 45, 60 menit, Densitas Arus 1,5 A/dm², Konsentrasi larutan asam sulfat 5 %, 10 %, 15 %, 20%

Prosedur proses dalam penelitian ini (Brace dan Sheasby 1998): (a) preparasi specimen, dimana specimen digosok kertas SiC sampai grade 1500 lalu dilakukan degreasing dalam NaOH 5% selama 10 menit, pikling (Grilikhes 1957) dalam H₂SO₄ 5%, fluxing dalam larutan basa (air sabun) pada 50C dan rinsing dalam air sebelum pengeringan dan proses anodizing (Gambar 1). (b) Anodizing (Canning W 1970). Aluminium yang telah dipreparasi dimasukkan kedalam larutan elektrolit asam sulfat H₂SO₄ 5%, 10%, 15% dan 20% dengan lama proses untuk masing-masing konsentrasi larutan elektrolit adalah 30, 45 dan 60 menit (Gambar 2).



Gambar 1. Skema Sistematis Tahapan Preparasi Spesimen Pada Proses Anodizing

Kutub positif dari rectifier dihubungkan ke salah satu aluminium sehingga aluminium tersebut menjadi anoda dan kutub negatif dari rectifier yang dihubungkan ke aluminium lainnya menjadi katoda (Juhl dan Deacon 2000). Kedua elektroda aluminium tersebut dialiri arus 1,5 A/dm³ dengan potensial maksimum 40 V. (c) Sealing (Yokohama dkk 1981).



Gambar 2. Skema peralatan anodisasi

Proses sealing atau penyegelan lapisan oksida setelah anodizing sangat penting untuk dilakukan agar tercapainya perlindungan korosi yang maksimal. Proses penyegelan ini dilakukan dengan menggunakan air panas. Prosedur yang digunakan yaitu dengan mencelupkan specimen kedalam air pada temperature 90C selama 20 menit.

Spesimen anoda yang telah dianodizing dan diseling dikeringkan. Proses pengambilan data ketebalan lapisan oksida dilakukan dengan menggunakan thickness gauge coating minitest 600 B electro-physic. Pengambilan data dilakukan pada lima titik pada permukaan lapisan oksida yang kemudian diambil rerata-nya.

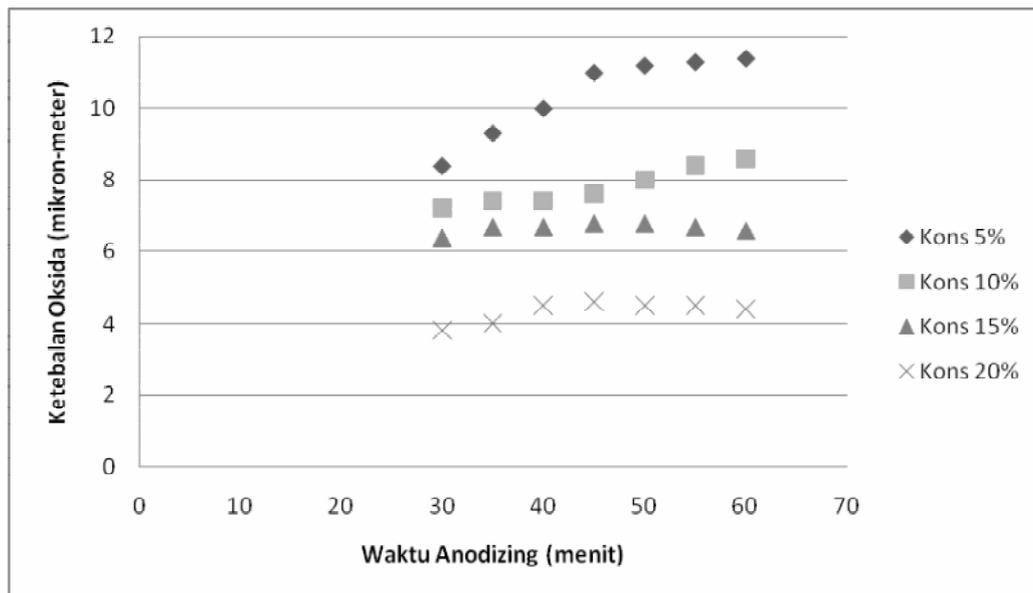
Pengujian ketahanan abrasi dilakukan dengan metode sesuai dengan standar ASTM D 968, dimana digunakan pasir silika dengan ukuran butir No 20 (850 μm). Uji abrasi dilakukan dengan kecepatan 250 rad/menit selama 1 menit arah CW dan 1 menit arah CCW. Penentuan Weight Loss ini berdasar standar dari ASTM D 4060 dimana weight loss (L) merupakan selisih berat specimen sebelum dan setelah abrasi dalam mg.

Observasi struktur dilakukan dengan Mikroskop Metalurgi Optik (Gambar 4). Untuk pengamatan dengan mikroskop optik specimen dipotong miring $\pm 20^\circ$ dengan tujuan memperjelas tampilan lapisan oksida karena penampang lapisan oksida sangat tipis.

3. Hasil Penelitian

3.1. Ketebalan Oksida

Pada Gambar 3 dapat dilihat perbandingan ketebalan lapisan oksida pada konsentrasi asam sulfat yang sama. Untuk Konsentrasi asam sulfat 5% terjadi peningkatan lapisan oksida setiap pertambahan waktu. Pada konsentrasi asam sulfat 5% semakin lama proses anodizing, ketebalan lapisan oksida yang dihasilkan semakin besar. Ketebalan lapisan oksida pada konsentrasi asam sulfat 5% mencapai optimum pada waktu anodizing 60 menit dimana mencapai ketebalan 11,4 μm .



Gambar 3. Ketebalan Lapisan Oksida

Untuk konsentrasi asam sulfat 10%, terjadi pola kenaikan ketebalan lapisan oksida seperti konsentrasi asam sulfat 5%. Ketebalan yang dicapai pada konsentrasi asam sulfat 10% masih dibawah konsentrasi asam sulfat 5%. Pada konsentrasi asam sulfat 10% ketebalan optimum dicapai pada waktu anodizing 60 menit dimana ketebalannya mencapai 8,6 μm .

Pada konsentrasi asam sulfat 15% tampak terjadi penurunan ketebalan lapisan oksida pada pertambahan waktu 45 menit ke 60 menit dari 6,8 μm menjadi 6,6 μm . Ketebalan lapisan oksida pada konsentrasi asam sulfat 15% mencapai optimum pada waktu anodizing 45 menit dengan nilai ketebalan lapisan oksida 6,8 μm .

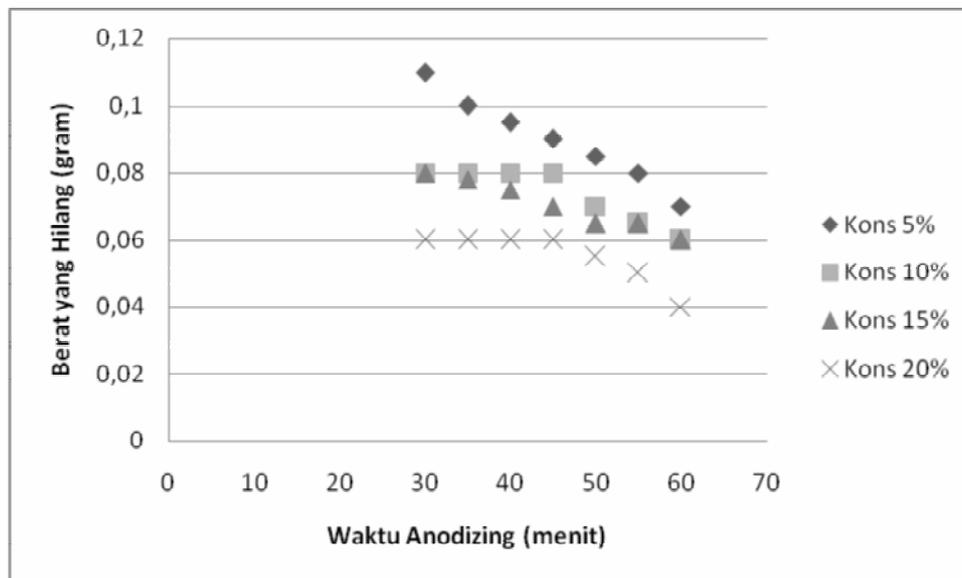
Pada konsentrasi asam sulfat 20%, terjadi penurunan ketebalan lapisan oksida pada waktu anodizing 45 menit dan 60 menit dengan penurunan dari 4,6 μm menjadi 4,4 μm . Ketebalan lapisan oksida pada konsentrasi asam sulfat 20% mencapai optimum pada waktu anodizing 45 menit dengan nilai ketebalan lapisan oksida adalah 4,6 μm .

Dengan membandingkan keempat grafik ketebalan lapisan oksida pada konsentrasi asam sulfat yang sama, tampak bahwa ketebalan rata-rata lapisan oksida mencapai optimum pada proses anodizing dengan konsentrasi asam sulfat 5%. Semakin besar konsentrasi larutan elektrolit asam sulfat yang digunakan pada proses anodizing aluminium menyebabkan ketebalan lapisan oksida yang dihasilkan menurun. Semakin lama waktu anodizing menyebabkan ketebalan lapisan oksida semakin meningkat.

3.2. Ketahanan Abrasi

Pada Gambar 4 tampak perbandingan ketahanan abrasi pada konsentrasi asam sulfat yang sama. Pada konsentrasi asam sulfat 5% terjadi penurunan nilai pengurangan berat setelah proses abrasi dimana dengan semakin bertambahnya waktu proses anodizing, berat yang hilang semakin sedikit.

Proses anodizing dengan konsentrasi asam sulfat 10% ketahanan abrasi mencapai optimal pada nilai berat yang hilang paling minimum. Ketahanan abrasi mencapai optimal pada proses dengan waktu anodizing 60 menit. Tampak bahwa semakin panjang waktu proses anodizing semakin menurun berat yang hilang setelah proses abrasi. Pada konsentrasi asam sulfat 10% berat yang hilang adalah 0,648 gram dimana pada berat ini tercapai ketahanan abrasi yang optimum pada anodizing dengan konsentrasi asam sulfat 10%



Gambar 4. Ketahanan Abrasi

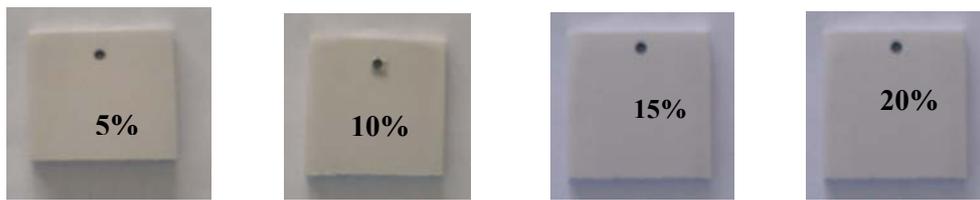
Pada konsentrasi asam sulfat 15%, dengan waktu proses anodizing 60 menit terjadi kehilangan berat yang sedikit daripada waktu proses 30 menit dan 45 menit yaitu 0,626 gram. Pada grafik ini ketahanan abrasi mencapai optimum pada kehilangan berat yang minimum yaitu pada proses anodizing dengan lama proses 60 menit dimana berat yang hilang adalah 0.0626 gram.

Terlihat pengaruh lama proses anodizing dan konsentrasi asam sulfat 20% terhadap berat yang hilang pada spesimen hasil uji ketahanan abrasi. Berat yang hilang menurun dengan waktu proses 30-60 menit. Pada gambar, berat yang hilang mencapai minimum pada lama proses anodizing 60 menit yaitu 0,04 gram dan pada proses anodizing dengan waktu proses 60 menit dan konsentrasi asam sulfat 20% ketahanan abrasi mencapai optimum.

Diantara keempat konsentrasi diatas dapat dilihat bahwa proses anodizing dengan konsentrasi 20% dapat mencapai keoptimalan nilai ketahanan abrasi lapisan oksida daripada proses anodizing dengan konsentrasi asam sulfat 5%, 10% dan 15%. Tampak bahwa semakin besar konsentrasi asam sulfat, nilai ketahanan abrasi semakin besar dengan ditunjukkan oleh berat lapisan oksida yang hilang karena proses abrasi sedikit.

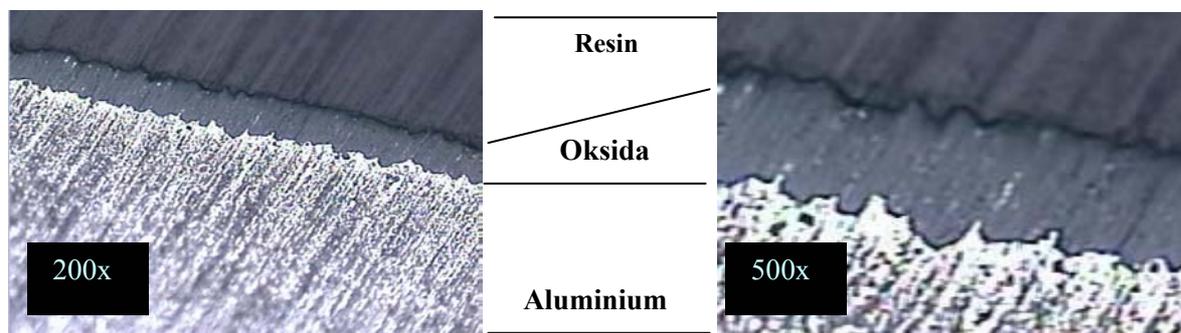
3.3. Hasil Proses Anodizing

Pada Gambar 5 ditunjukkan beberapa gambar foto makro hasil proses anodizing.



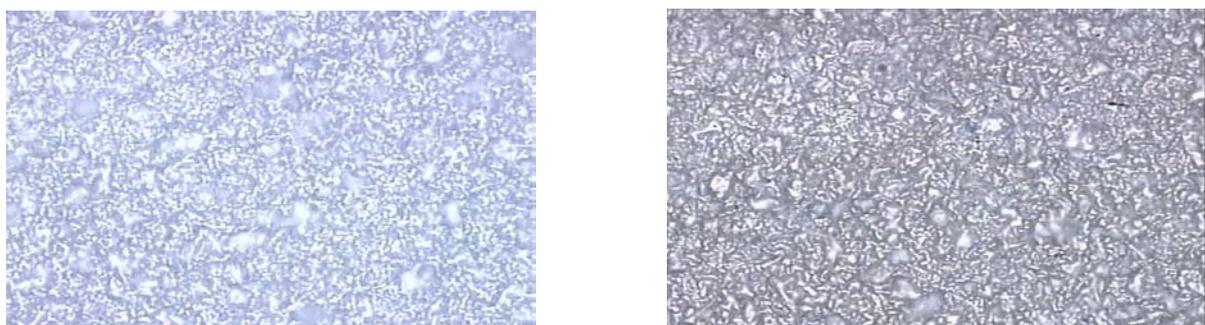
Gambar 5. Spesimen Hasil Anodizing

Pada Gambar 6 adalah salah satu gambar struktur mikro dari penampang lapisan oksida pada spesimen hasil anodizing.



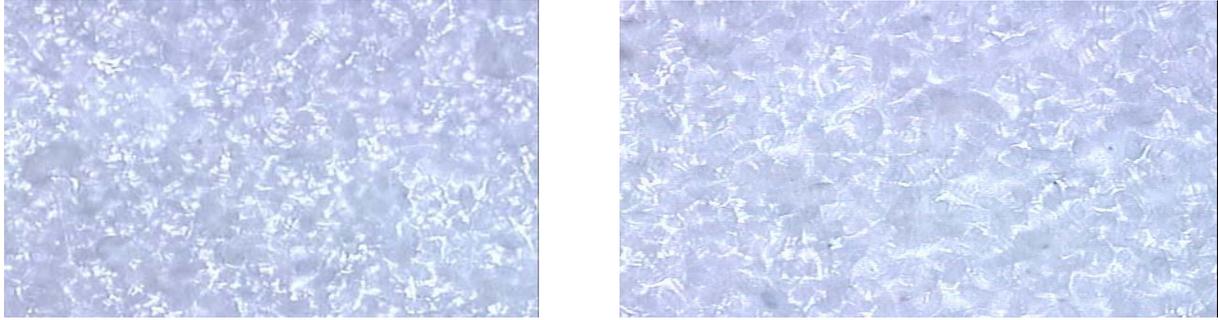
Gambar 6. Struktur Mikro Penampang Hasil Anodizing Konsentrasi Asam Sulfat 5% dan Waktu Anodizing 60 Menit .

Sedangkan pada Gambar 7 dan 8 disajikan kondisi mikro dari permukaan lapisan oksida pada spesimen hasil anodizing. Pada gambar dapat dilihat distribusi pori pada permukaan lapisan oksida pada masing-masing variasi waktu proses anodizing dan konsentrasi larutan asam sulfat.



Gambar 7 : Struktur Mikro Permukaan Hasil Anodizing Konsentrasi Asam Sulfat 5% dan Waktu Anodizing 30 (kiri) dan 60 Menit (kanan) (500X)

Semakin lama waktu proses anodizing dan semakin besar konsentrasi larutan elektrolit mempengaruhi besar dan distribusi pori pada lapisan oksida (Sulka dkk 2006). Pada gambar diatas tampak bagian berpori adalah struktur mikro dari lapisan oksida hasil anodizing dengan konsentrasi asam sulfat 5%. Pori pada lapisan oksida dengan waktu anodizing 60 menit tampak lebih besar daripada waktu anodizing 30 menit. Fenomena yang sama juga terjadi pada konsentrasi asam sulfat 10%, 15% dan 20%.



Gambar 8 : Struktur Mikro Permukaan Hasil Anodizing
Konsentrasi Asam Sulfat 10% dan Waktu Anodizing 30 (kiri) dan 60 Menit (kanan) (500X)

4. Pembahasan

Pada Gambar 3 tampak perbandingan ketebalan lapisan oksida pada berbagai macam variasi pada percobaan ini. Ketebalan maksimum terjadi pada proses anodizing dengan konsentrasi 5% dengan waktu anodizing 60 menit ketebalan yang dicapai adalah 11,4 μm . Ketebalan minimum terjadi pada proses anodizing dengan konsentrasi 20% dengan waktu anodizing 30 menit, ketebalan yang dicapai adalah 3,8 μm . Sehingga semakin besar konsentrasi menyebabkan terjadinya penurunan lapisan oksida. Konsentrasi larutan elektrolit yang tinggi mempengaruhi daya hantar larutan sehingga mempercepat terbentuknya lapisan oksida. Daya hantar larutan mempengaruhi mekanisme proses perpindahan ion negatif dari katoda ke anoda sehingga mempercepat reaksi antara ion positif pada permukaan aluminium yaitu Al^{3+} dengan ion negatif pada elektrolit yaitu O^{2-} yang kemudian bereaksi menjadi Al_2O_3 (alumina). Semakin tinggi konsentrasi larutan elektrolit menaikkan konduktivitas listrik pada larutan tersebut sehingga dapat menurunkan tegangan yang dibutuhkan untuk memperoleh densitas arus tertentu. Secara teori dengan semakin besar konsentrasi larutan elektrolit menyebabkan proses terbentuknya lapisan oksida semakin cepat, tetapi pada kenyataannya hal ini tidak terjadi karena seiring dengan kecepatan arus yang mengalir dalam larutan elektrolit juga mengakibatkan temperatur larutan meningkat sehingga terjadi *dissolution* atau pelarutan pada lapisan oksida. Sehingga sebelum terjadi penambahan ketebalan lapisan oksida lebih dahulu terjadi pelarutan lapisan oksida, sehingga ketebalan lapisan oksida menurun dengan meningkatnya konsentrasi asam sulfat (Ester A, Sulistijono, Karokaro 2005).

Pada Gambar 4 tampak perbandingan ketahanan abrasi pada lapisan oksida pada berbagai macam variasi proses anodizing. Ketahanan abrasi dipengaruhi oleh besar pori yang terbentuk pada lapisan oksida. Pada dasarnya semakin besar pori pada lapisan oksida menyebabkan turunnya kekerasan dan ketahanan abrasi pada lapisan oksida aluminium, tetapi hal ini tidak terjadi apabila dilakukan proses sealing. Hasil dari sealing yang dapat menaikkan ketahanan abrasi adalah boehmite dengan reaksinya : Al_2O_3 (*anodic coating*) + H_2O \rightarrow 2 $\text{AlO}(\text{OH})$ (*boehmite*). Pori semakin besar semakin besar pula boehmite yang terbentuk pada pori lapisan oksida. Berlawanan dengan pembentukan oksida (ketebalan) untuk ketahanan abrasi semakin besar konsentrasi dan waktu anodizing menyebabkan semakin besar pula ketahanan abrasi lapisan oksida.

Konsentrasi larutan yang tinggi juga dapat menyebabkan meningkatnya temperatur pada larutan elektrolit sehingga peluruhan pada permukaan lapisan oksida yang telah terbentuk menjadi semakin besar (Gazapo dkk 1994). Proses pembentukan pori diawali pada permukaan lapisan oksida yang tidak rata dan mempunyai resistansi terhadap arus listrik sehingga untuk mencapai densitas arus yang diperlukan terjadi peningkatan tegangan pada permukaan yang tidak rata tersebut yang dimulai pada permukaan dengan ketebalan lapisan oksida yang paling tipis. Hal ini juga dapat meningkatkan temperatur pada larutan elektrolit secara lokal pada tempat tersebut, sehingga lapisan oksida semakin tipis dan terbentuklah lapisan oksida yang berpori. Proses peluruhan terjadi karena pemberian energi ikatan yang terlalu besar melebihi energi ikatan Al-O pada Al_2O_3 (Gonzales J.A. 2005). Semakin lama waktu anodizing memberikan cukup waktu untuk terjadinya pertumbuhan pori pada lapisan oksida..

Dari Gambar 5 s/d 8 tampak distribusi pori pada permukaan lapisan oksida aluminium. Tampak pada gambar dapat dibandingkan distribusi pori pada produk anodizing dengan waktu yang berbeda. Dengan bertambahnya waktu memberikan kesempatan terbentuknya pori pada lapisan oksida

yang diawali dengan penurunan ketebalan lapisan oksida. Ketahanan abrasi semakin baik apabila distribusi pori merata dan ukuran pori yang besar (Rachel Ceng dan Ling Hao 2003). Pembentukan pori pada lapisan oksida diawali dengan kenaikan tegangan listrik pada permukaan lapisan oksida agar tercapai densitas arus listrik yang dibutuhkan. Naiknya tegangan listrik menyebabkan temperatur elektrolit semakin naik sehingga terjadi peluruhan pada lapisan oksida. Dengan semakin besar konsentrasi elektrolit dan bertambahnya waktu proses anodizing dan kenaikan densitas arus listrik menyebabkan lapisan oksida yang telah terbentuk meluruh kembali tanpa memberikan kesempatan untuk menjadi tebal (Keller dkk 1953). Hal ini menyebabkan lapisan oksida menjadi lebih rata tetapi tidak tebal sehingga kenaikan tegangan listrik pada permukaan lapisan oksida menjadi rata dan hal ini menyebabkan proses pertumbuhan pori terjadi secara merata. Untuk mendapatkan produk anodizing dengan kemampuan ketahanan abrasi yang baik dianjurkan untuk melakukan pemilihan konsentrasi yang cukup tinggi dan waktu anodizing yang cukup lama (sesuai dengan standar proses) (Miney dkk 2003).

5. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dan pengamatan serta pembahasan terhadap parameter yang digunakan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Semakin lama waktu proses anodizing dapat meningkatkan ketebalan lapisan oksida dimana lamanya waktu anodizing mempunyai besaran optimum, dimana apabila melewati batas optimum dapat mengakibatkan menurunnya ketebalan lapisan oksida.
2. Ketahanan abrasi pada lapisan oksida dipengaruhi oleh besarnya pori dan distribusi pori pada lapisan oksida. Distribusi pori dan ukuran pori dipengaruhi oleh konsentrasi larutan elektrolit dan waktu proses anodizing. Semakin lama waktu anodizing dan tinggi konsentrasi elektrolit pori semakin besar dan penyebaran pertumbuhan pori semakin merata. Sehingga semakin besarnya kenaikan konsentrasi larutan elektrolit dan waktu anodizing menyebabkan ketahanan abrasi lapisan oksida semakin besar.
3. Distribusi pertumbuhan pori yang merata dan ukuran pori mempengaruhi kualitas ketahanan abrasi lapisan oksida.

Daftar Pustaka

- Arini M., Sulistijono, 2005, “*Pengaruh Densitas Arus dan Konsentrasi Asam Sulfat Terhadap Ketebalan Lapisan Oksida dan Kualitas Pewarnaan Pada Anodizing Aluminium 6063*”, Tugas Akhir, ITS, Surabaya
- Arlon, 2006 “*Adhesion to aluminum with various anodized coatings*”, www.arlon.com
- Brace and Sheasby, 1998, “*Technology of Anodizing*”, Technocpy Limited.
- Canning W, 1970, “*Canning Handbook on Electroplating*”, 21st edition, published by W. Canning & Co. Ltd.
- Ester A., Sulistijono, Karokaro, , 2005, “*Analisa Pengaruh Variasi Konsentrasi Asam Kromat dan Densitas Arus Terhadap Ketebalan, Kekerasan, dan Tingka Kilau Lapisan Oksida Hasil Anodizing Aluminium*”, Tugas Akhir, ITS, Surabaya
- Gazapo, Jose L. And J. Gea, INESPAL Laminacium, Alicante, 1994, “*Anodizing of Aluminium*”, TALAT lecture 5203 EAA-European Aluminium Association.
- Gonzalez, J. A. 2005, “*Postsealing Changes in Porous Aluminium Oxide Films Obtained in Sulfuric Acid Solution*”. Journal of the Electrochemical Society 147 . hal 985-984.
- Grilikhes, S.Ya ,1957, “*Electropolishing, Anodizing, Electrolytic pickling of Metals*”, alihbahasa, A. Behr, Bs, Great Britain : Clare O’ Molesey Ltd, Surrey.
- Juhl, Deacon, 2000, “*Theoretical Introduction to Pulse Anodizing*”, www.aluconsult.dk
- Keller, F., Hunter, M.S. and Robinson, D.L., 1953, *Structural Features of oxide coatings on aluminium*, Journal of the Electrochemical Society, Vol. 100, No. 9.
- Miney, Paula E. Colavita, Maria, 2003, “*Growth and Characterization of a Porous Aluminum Oxide*”, www.iop.org
- Rachel Cheng and Ling Hao, 2005, “*Depth Profile of the Wear Resistance of Anodic Coatings Formed by Current Control Anodizing on Aluminium Alloys*”, www.metalast.com

- Sulka G.D., Stroobants, Moshchalkov, Borghs & Celis, 2006, "*Synthesis of Well-Ordered Nanopores by Anodizing Aluminium Foils in Sulfuric Acid*", www.iop.org
- Yokoyama, K., Konno, H., Takahashi, H. And Nagayama M., 1981, "*Anodic oxidation of aluminium utilizing current recovery effect*", AES, 2nd. International Symposium on Pulse Plating, Rosemont, III., USA, Oct.6-7.
- Yokoyama, K., Konno, H., Takahashi, H. And Nagayama M., 1982, "*Advantages of Pulse Anodizing*", Plating and Surface Finishing, pp. 62-65