

Pengaruh Tegangan Terhadap Kekerasan dan Ketebalan Lapisan Oksida Aluminium XXXX Hasil Anodizing Untuk Piston

Johny Wahyuadi Soedarsono, Andi Rustandi, Suryo Mulyono
Departemen Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia
Kampus UI Depok 16424, Indonesia
Email : jwsono@metal.ui.ac.id

ABSTRAK

Aluminium merupakan salah satu material logam yang banyak digunakan, diaplikasikan dan dikembangkan pada berbagai macam produk otomotif, contohnya piston. Piston sebagai salah satu komponen mesin kendaraan bermotor yang memerlukan sifat ketahanan abrasi. Salah satu metode digunakan untuk mendapatkan sifat ketahanan abrasi adalah anodisasi, aluminium akan diubah menjadi aluminium oksida yang amat keras. Salah satu parameter terpenting yang menentukan karakteristik permukaan hasil anodisasi adalah potensial.

Penelitian ini dilakukan untuk memahami pengaruh besarnya potensial anodisasi terhadap kekerasan dan ketebalan dari lapisan oksida. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah tegangan yaitu 9, 11, 13 dan 15 Volt.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa meningkatnya tegangan anodisasi dari 9, 11, 13 dan 15 Volt, maka kekerasan lapisan oksida akan semakin meningkat pula. Dari 109 μ HV, 116 μ HV, 136 μ HV, hingga 153 μ HV. Peningkatan ketebalan lapisan oksida, yaitu dari 13 μ m, 15 μ m, 17 μ m, hingga 19 μ m.

Kata kunci : anodizing, tegangan, lapisan oksida, kekerasan

Abstract

Anodizing is one methode to enhance abration and corrosion resistance of aluminum. This methode is a electrochemistry process which is produce oxide film on the surface of oxidation metals with the electricity through in electrolyte. Oxide film anodizing product can be given engineering surface characteristic; hardness, abration and corrosion resistance, with surface consistence thickness. This research use sulfat acid as an electrolyte media with 15% wt, pH 2, electrolyte temperature 28⁰C, voltage variable: 9V., 11V., 13 V., and 15 volt voltage. With the voltage increase from 9V., 11V., 13 V., until 15 volt 9⁰C, causes increase of aluminum oxide film hardness that is 109 μ HV, 116 μ HV, 136 μ HV, 153 μ HV. At voltage 9V., 11V., 13 V., and 15 volt thickness of oxide film reached at 13 μ m, 15 μ m, 17 μ m, 19 μ m of thickness. The optimum result reached at 15 V. with hardness point is 153 μ HV and 19 μ m of thickness.

Key word : anodizing, voltage, oxide film, hardness

I. PENDAHULUAN

Luasnya aplikasi aluminium didalam kehidupan sehari-hari memunculkan suatu tantangan serta peluang baru yaitu bagaimana mempertahankan dan meningkatkan kualitas dari produk-produk aluminium, sehingga produk-produk tersebut mempunyai umur pakai yang lama serta tahan terhadap abrasi, korosi,

ramah lingkungan serta memiliki nilai estetik didalam pemakaiannya. Suatu metode yang digunakan untuk meningkatkan ketahanan aluminium terhadap abrasi dan korosi yaitu

anodizing. Dimana proses anodizing ini merupakan proses elektrokimia yang menghasilkan lapisan oksida yang tipis pada permukaan logam yang dioksidasi dengan menggunakan arus listrik melalui suatu media elektrolit¹. Lapisan oksida hasil anodizing akan memberikan karakteristik permukaan yang dapat direkayasa; kekerasan, ketahanan abrasi dan korosi, serta konsisten dalam ketebalan permukaan. Anodizing merupakan proses konversi lapisan permukaan aluminium menjadi lapisan aluminium oksida yang memiliki porositas (berpori). Sifat lapisan oksida itu sendiri adalah *inert*, persenyawaan yang stabil dan sebagai lapisan sifat tersebut mempengaruhi kestabilan permukaan aluminium. Lapisan oksida aluminium ini sendiri memiliki nilai kekerasan yang relatif tinggi bila dibandingkan dengan logam induknya², nilai kekerasan ini berhubungan dengan ketahanan terhadap abrasi yang sangat dibutuhkan oleh komponen dengan kinerja yang tinggi. Ketahanan terhadap abrasi ini diperoleh dari lapisan oksida aluminium hasil anodizing yang terbentuk pada permukaan, dimana lapisan Al_2O_3 ini memiliki nilai kekerasan yang tinggi setelah intan³. Metode anodizing merupakan metode yang relatif mudah dan murah untuk suatu proses rekayasa permukaan

Beberapa peneliti telah banyak melakukan pengamatan terhadap masalah anodisasi baik proses, material yang digunakan, maupun teknik karakterisasi hasil anodisasi. Paternarakis dkk.⁴ dalam Jurnal *Electrochimica Acta*, 1995, mengamati tentang pengaruh temperatur larutan asam sulfat dan rapat arus terhadap kinetika pertumbuhan lapisan aluminium oksida yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh temperatur proses yang digunakan dengan rapat arus tertentu. Fratila-Apachitei L.E., dkk.⁵ dalam jurnal *Surface and Coating Technology*, 2003, mengamati kekerasan mikro lapisan anodisasi yang terbentuk pada kondisi larutan asam sulfat pada temperatur rendah. Pakes A.⁶, dkk. dalam jurnal *Corrosion Science*, 2003, mengamati terbentuknya lapisan pori pada Al 2014-T4 dalam larutan tetraborat. Jean Rasmussen dkk.⁷, dalam jurnal *Metal Finishing*, 2003, meneliti tentang kekasaran permukaan kepala piston hasil proses anodisasi. Djozan Dj., dkk.⁸ dalam jurnal *Surface and Coating Technology*, 2003, mengamati proses anodisasi pada bagian dalam pipa aluminium mendapatkan hasil optimum pada kondisi percobaan didapat dengan penggunaan anoda yang dinamik

Pada penelitian ini digunakan variasi perubahan tegangan anodisasi 9V., 11V., 13 V. dan 15 Volt. Studi ini mempelajari pengaruh variasi tersebut terhadap ketebalan dan nilai kekerasan lapisan oksida aluminium.

II. METODE PENGUJIAN

Pada penelitian ini jenis aluminium yang digunakan yaitu aluminium AC8A dengan komposisi seperti yang tertera pada Tabel 1. Dengan % kandungan Si yang relatif tinggi yaitu sekitar $\pm 13\%$ wt, Si ini akan mempengaruhi bagaimana terbentuknya lapisan oksida aluminium yang dihasilkan. Untuk menurunkan temperatur elektrolit digunakan es batu dengan wadah *tupperware* yang lebih besar dari wadah elektrolit yang digunakan sehingga antara elektrolit dan es batu tidak bercampur. Variasi tegangan yang digunakan 9V., 11V., 13V., dan 15 V. Pada percobaan digunakan titanium sebagai katoda dengan sumber arus dari rectifier arus searah. Untuk proses pengujian sampel hasil anodizing untuk setiap variasi temperatur dilakukan pemotongan sebesar $1 \times 1 \text{ cm}^2$, kemudian dimounting dan dilakukan etsa dengan larutan HF agar lapisan oksida aluminium terlihat dengan jelas

Tabel 1. Komposisi(wt. %) dari paduan AC8A

Alloys	Si	Cu	Mg	Fe	Mn	Ni	Al
AC8A	11-13	8-13	0.7-1.3	0.8	0.1	1-2.5	rem

Pengujian nilai ketebalan lapisan dilakukan dengan sampel yang di etsa dan non etsa pengukuran sebanyak 5 kali dibawah mikroskop optik Sedangkan untuk pengambilan nilai kekerasan terlebih dahulu dilakukan penjejukan dengan Vickers microhardness kemudian jejak pengukuran dibawah mikroskop. Penjejukan dilakukan sebanyak 5 kali hingga mengenai logam induk, dengan jarak antar penjejukan sebesar 5 μ m.

III. HASIL dan DISKUSI

A. Kekerasan Mikro Lapisan Oksida Aluminium

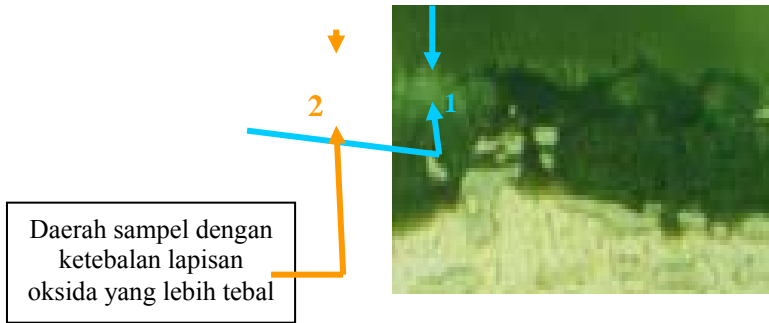


Daerah sampel dengan ketebalan lapisan oksida yang lebih tipis

Gambar 1. Grafik nilai kekerasan mikro terhadap jarak dari lapisan oksida

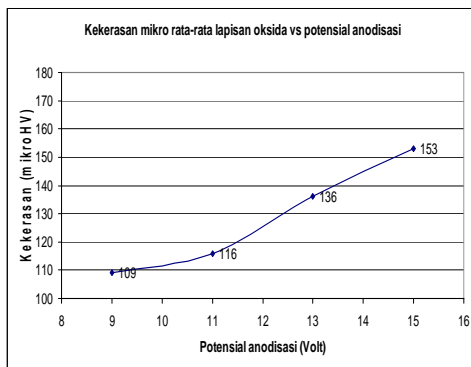
Dari Gambar 1 terlihat bahwa nilai kekerasan sampel relatif tinggi, dan tidak banyak berubah pada titik pengujian 5 μ m, 10 μ m hingga 15 μ m dari batas terluar lapisan oksida. Pada jarak 20 μ m dari batas terluar lapisan oksida nilai kekerasan sampel secara drastis turun hingga kisaran 84 μ HV hingga 88 μ HV, atau sekitar nilai kekerasan rata-rata logam dasar (*base metal*) yaitu sebesar 86 μ HV. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tebal lapisan oksida pada tiap sampel anodisasi berkisar antara 15 – 20 μ m. Hal ini diperkuat dengan hasil pengukuran ketebalan lapisan oksida secara mikro yang menunjukkan bahwa besarnya ketebalan rata-rata lapisan oksida yang terbentuk adalah sebesar: 13 μ m pada potensial 9 Volt, 15 μ m pada potensial 11 Volt, 17 μ m pada potensial 13 Volt, dan 19 μ m pada potensial 15 Volt.

Adanya anomali pada sampel anodisasi dengan potensial 9 V. yang menunjukkan perbedaan ketebalan antara hasil uji kekerasan mikro, menunjukkan bahwa ketebalan lapisan oksida pada sampel 9 Volt berkisar antara 15 – 20 μ m) dengan hasil pengukuran ketebalan secara mikro menunjukkan ketebalan lapisan oksida pada sampel 9 Volt sebesar 13 μ m. Perbedaan data ini dapat diakibatkan karena adanya perbedaan ketebalan lapisan oksida yang dihasilkan pada sampel, sehingga kemungkinan pada saat pengujian kekerasan mikro dilakukan, penjejukan masih mengenai daerah lapisan oksida. Perbedaan ketebalan lapisan oksida pada permukaan sampel ini diperkuat dengan hasil foto mikro sampel 9 V seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.2.



Gambar 2. Perbedaan ketebalan lapisan oksida pada sampel anodisasi 9 V perbesaran 500 X dan etsa dengan HF 0,8%

Dari grafik nilai kekerasan mikro terhadap jarak dari lapisan oksida seperti pada Gambar 1, maka dapat diketahui bahwa besarnya nilai kekerasan mikro yang dihasilkan akan berbanding lurus terhadap besarnya potensial yang diaplikasikan pada proses anodisasi. Dimana semakin besarnya nilai potensial anodisasi yang diberikan pada rentang 9 Volt hingga 15 Volt, maka kekerasan rata-rata lapisan oksida yang dihasilkan akan semakin meningkat. Hal ini semakin diperkuat dengan hasil perhitungan nilai kekerasan rata-rata lapisan oksida.



Gambar 3. Grafik nilai kekerasan mikro rata-rata lapisan oksida terhadap potensial anodisasi

Gambar 3 dapat disimpulkan bahwa dengan naiknya tegangan anodisasi dari 9, 11, 13 dan 15 Volt maka kekerasan lapisan oksida rata-rata akan semakin meningkat pula, dari 109 μ HV, 116 μ HV, 136 μ HV, hingga 153 μ HV.

Peningkatan kekerasan ini dapat disebabkan karena dengan semakin meningkatnya potensial maka rapat arus juga akan semakin meningkat, seperti yang terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Besarnya arus yang terukur dan rapat arus

Potensial Anodisasi (V)	Arus terukur (Ampere)	Rapat arus (A/dm^2)
9	0,15	2,5
11	0,19	3,17
13	0,22	3,67

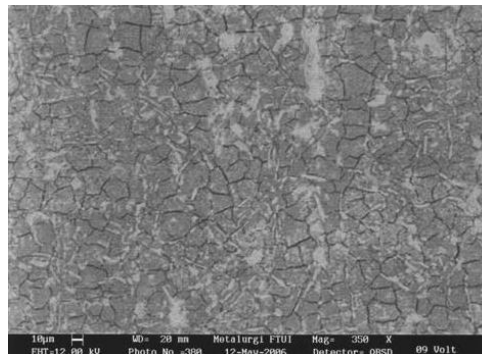
15	0,25	4,17
Luas permukaan anodisasi sampel = 6 cm ²		

Meningkatnya arus yang terukur seiring dengan naiknya potensial anodisasi ini sesuai dengan persamaan yang menyebutkan bahwa besarnya potensial sebanding dengan arus dikalikan dengan tahanan ($V=IR$), dimana V = potensial; I = arus; R = tahanan.

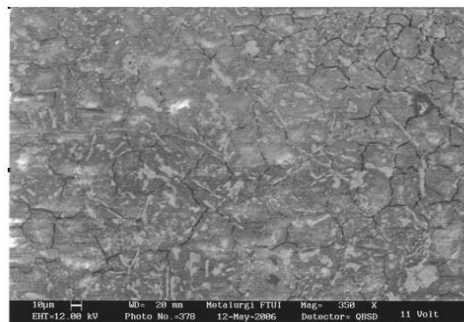
Dengan meningkatnya rapat arus, maka waktu yang dibutuhkan pada saat proses pembentukan lapisan oksida akan semakin singkat, sehingga proses *dissolution* (pelarutan kembali lapisan oksida yang terbentuk pada permukaan logam oleh larutan elektrolit) akan semakin sedikit terjadi. Hal ini akan menyebabkan pori yang terbentuk pada lapisan oksida akan semakin sedikit / kecil, sehingga struktur alumina yang terbentuk akan semakin padat dan keras.⁽³⁾ Hal tersebut menjelaskan fenomena meningkatnya kekerasan seiring dengan meningkatnya potensial anodisasi dari 9 V ke 15 V.

Pengamatan Mikro dengan SEM dan EDX

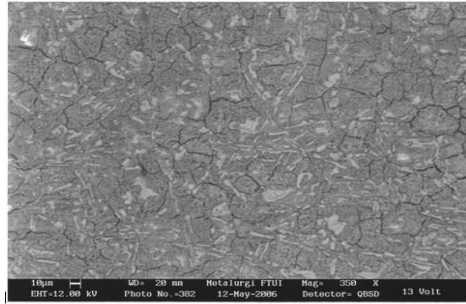
Setelah sampel diuji kekerasannya dengan metode uji kekerasan mikro maka permukaan sampel hasil anodisasi kemudian diamati secara mikro dengan menggunakan SEM (Secondary Electron Microscope) dan EDX (Energy Dispersive X-Ray Analysis). Pada pengamatan mikro yang dilakukan dengan SEM, permukaan sampel hasil anodisasi akan diamati secara visual dengan perbesaran 350 kali. Dari perbesaran ini hanya didapat pengamatan dengan ketelitian mencapai satuan mikrometer. Dengan perbesaran ini struktur pori dari lapisan alumina yang terbentuk tidak dapat terlihat karena seperti yang telah diketahui bahwa struktur pori pada alumina hasil anodisasi berukuran sangat kecil yaitu hingga skala nanometer. Karenanya dari keempat hasil SEM untuk masing-masing sampel pengujian anodisasi ini tidak dapat dilakukan analisa secara mikro terhadap struktur pori dari lapisan oksida yang terbentuk pada permukaan sampel hasil anodisasi.



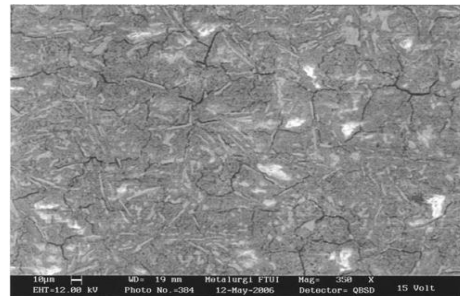
Gambar 4. Hasil SEM untuk sampel anodisasi 9 V dengan perbesaran 350 X



Gambar 5. Hasil SEM untuk sampel anodisasi 11 V dengan perbesaran 350 X



Gambar 6. Hasil SEM untuk sampel anodisasi 13 V dengan perbesaran 350 X



Gambar 7. Hasil SEM untuk sampel anodisasi 15 V dengan perbesaran 350 X

Walaupun dengan hasil SEM ini tidak dapat terlihat struktur pori dari permukaan alumina, tetapi dengan perbesaran ini dapat terlihat retakan-retakan pada keempat permukaan sampel hasil anodisasi seperti yang terlihat pada Gambar 4.sampai Gambar 7. Retakan ini dapat timbul akibat ketidakstabilan variabel temperatur larutan H_2SO_4 sebagai media elektrolit pada saat anodisasi berlangsung. Ketidakstabilan variabel suhu dari asam sulfat ini terukur pada termometer yang diletakkan pada media elektrolit untuk melihat temperaturnya sebelum dan sesudah proses anodisasi, seperti yang terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Temperatur awal dan akhir elektrolit sebelum dan sesudah proses.

Potensial Anodisasi	Temperatur Awal	Temperatur Akhir
9 V	28°C	29,5 °C
11 V	29°C	30 °C
13 V	30°C	31 °C
15 V	31°C	32 °C

Peningkatan temperatur ini terjadi karena reaksi pembentukan alumina pada permukaan sampel anodisasi bersifat eksotermik (memiliki nilai energi bebas yang negatif), kemungkinan sebab lain dari timbulnya retakan ini adalah sebagai mekanisme awal dari terjadinya fenomena *burning* pada hasil anodisasi. Fenomena *burning* adalah suatu fenomena dimana pada permukaan sampel terjadi pemanasan lokal (*local heating*) yang diakibatkan karena berlebihnya rapat arus yang melewati suatu daerah tertentu pada permukaan sampel.⁽³⁾ Fenomena ini dapat terjadi mengingat dari hasil pengamatan dan perhitungan rapat arus didapat nilai yang melebihi nilai rapat arus yang biasa diaplikasikan

untuk proses anodisasi, seperti yang terlihat pada Gambar 2. Dari perhitungan, didapat nilai rapat arus pada penelitian yang dilakukan mencapai $2,5 - 4,17 \text{ A/dm}^2$, seperti yang terlihat pada Tabel 3, sedangkan telah diketahui bahwa rapat arus yang biasa digunakan untuk proses anodisasi aluminium berkisar antara $1 - 2 \text{ A/dm}^2$.⁽³⁾

Penyebab lain dari *burning* dan retak pada hasil anodisasi adalah karena agitasi yang dilakukan tidak cukup baik sehingga pada permukaan sampel terjadi pemanasan lokal pada bagian dasar pori sehingga menyebabkan distribusi medan listrik (*electrical field distribution*) yang tidak homogen di bagian tersebut. Hal ini menyebabkan terjadinya *local electrical breakdown* yang dapat memicu terjadinya retak dan *burning* pada lapisan oksida.⁽²⁾

Sehingga dapat disimpulkan bahwa terjadinya retakan pada permukaan sampel hasil penelitian anodisasi ini disebabkan karena kurangnya kontrol terhadap temperatur yang terjadi akibat agitasi yang kurang memadai pada saat proses anodisasi dilakukan.

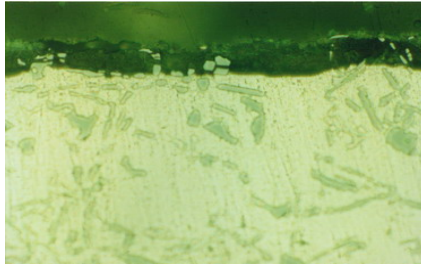
Pengamatan mikro dengan EDX kemudian dilakukan untuk mengetahui senyawa-senyawa dan unsur-unsur apa saja yang terdapat pada permukaan sampel hasil anodisasi. Dari hasil EDX, ditemukan bahwa pada keempat sampel terdapat unsur aluminium (Al) dan oksigen (O) yang bersenyawa sebagai alumina (Al_2O_3). Hal ini membuktikan bahwa pada permukaan sampel Al telah terjadi reaksi anodisasi berupa pembentukan lapisan oksida (alumina).

Adapun unsur-unsur lain yang terdapat pada permukaan sampel adalah: silikon (Si) yang merupakan unsur paduan (*alloying element*) dalam material Al yang digunakan sebagai sampel pada pengujian anodisasi yang dilakukan. Ada juga unsur titanium (Ti) yang kemungkinan besar didapat dari sebagian kecil dari elektroda Titanium yang ikut terlarut pada media elektrolit dan ikut terdeposit ke permukaan sampel hasil anodisasi. Memang seharusnya katoda Ti tidak ikut bereaksi dan larut pada saat anodisasi berlangsung, tetapi katoda Ti dapat terlarut pada saat sebelum dan sesudah arus listrik dialirkan pada rangkaian anodisasi. Unsur lain yang terdapat pada permukaan sampel adalah karbon (C) dan juga sulfur (S). Jika unsur karbon berasal dari impuritas yang terdapat pada sampel aluminium, maka unsur sulfur kemungkinan besar didapat karena ikut terdepositnya sulfur dari larutan sulfat yang dipakai sebagai media elektrolit pada penelitian yang dilakukan. Selain itu juga terdapat unsur natrium yang keberadaannya dapat diabaikan karena persentasenya yang amat kecil, yaitu kurang dari satu persen saja.

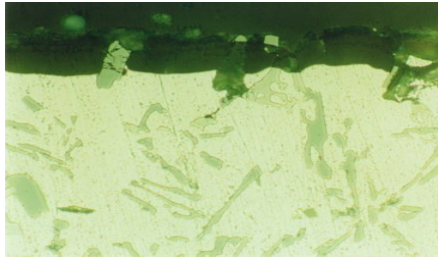
Dari hasil SEM dan EDX yang didapat, dapat dilihat bahwa permukaan sampel yang diamati dapat dibagi menjadi tiga bagian. Bagian pertama adalah bagian yang berwarna abu-abu gelap (sebagai bagian yang mayoritas terdapat pada permukaan sampel hasil anodisasi) yang tersusun oleh alumina (sebagai hasil anodisasi). Bagian yang kedua adalah bagian yang berwarna abu-abu terang yang mayoritas tersusun oleh unsur titanium (Ti) dan oksigen (O). Bagian ketiga adalah daerah yang berwarna putih mayoritas tersusun oleh unsur silikon (Si) dan oksigen (O).

Pengamatan terhadap Hasil Foto Mikro

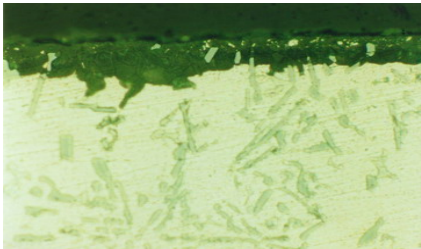
Berdasarkan foto mikro yang ditunjukkan pada Gambar 8 sampai Gambar 12, tampak jelas bahwa lapisan oksida akan semakin tebal seiring dengan meningkat potensial anodisasi. Hal ini semakin diperkuat dengan hasil uji pengukuran ketebalan rata-rata lapisan oksida. Pengaruh besarnya potensial terhadap ketebalan rata-rata lapisan oksida yang dihasilkan pada permukaan sampel hasil anodisasi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13.



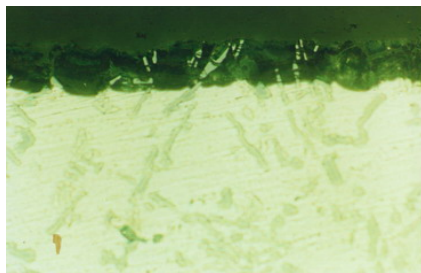
Gambar 8. Foto mikro sampel anodisasi 9 V dengan perbesaran 500 X dan etsa dengan HF 0,8%



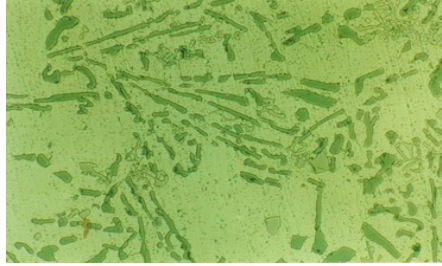
Gambar 9. Foto mikro sampel anodisasi 11 V dengan perbesaran 500 X dan etsa dengan HF 0,8%



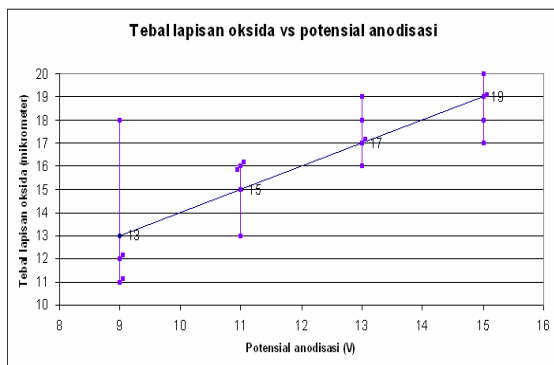
Gambar 10. Foto mikro sampel anodisasi 13 V dengan perbesaran 500 X dan etsa dengan HF 0,8%



Gambar 11. Foto mikro sampel anodisasi 15 V dengan perbesaran 500 X dan etsa dengan HF 0,8%



Gambar 12. Foto mikro logam dasar sampel anodisasi dengan perbesaran 500 X dan etsa dengan HF 0,5% + 2 atau 3 tetes HNO₃



Gambar 13. Grafik pengaruh besarnya potensial terhadap ketebalan lapisan oksida

Berdasarkan Gambar 13 maka dapat disimpulkan bahwa ketebalan lapisan oksida rata-rata yang terbentuk meningkat seiring dengan meningkatnya potensial proses anodisasi berlangsung, yaitu sebesar 13 μm pada potensial 9 V., 15 μm pada potensial 11 V., 17 μm pada potensial 13 V., hingga 19 μm pada potensial 15 Volt. Selain hal tersebut, dari Gambar 13 juga dapat dilihat tingkat keakuratan data ketebalan lapisan oksida yang terukur untuk tiap-tiap sampel dengan potensial yang berbeda. Dari Gambar 13 tersebut tampak bahwa pada sampel 9 Volt data ketebalan yang didapat memiliki rentang data yang cukup jauh yaitu antara 11 μm hingga 18 μm . Sedangkan pada sampel lainnya, yaitu sampel 11, 13, 15 Volt, data ketebalan yang dihasilkan memiliki rentang nilai yang relatif lebih sempit. Hal ini diperkuat dengan hasil foto mikro yang ditampilkan pada Gambar 14 dimana pada sampel 9 Volt terdapat rentang ketebalan yang cukup berbeda jauh. Walaupun begitu hasil foto mikro ini memang tidak cukup mewakili hasil data ketebalan lapisan oksida seperti yang didapat pada Gambar 13 karena pengambilan foto mikro hanya pada sebagian dari wilayah sampel yang diamati data ketebalannya.



(a) Sampel anodisasi 9 V



Sampel anodisasi 11 V



(d) Sampel anodisasi 15V



(c) Sampel anodisasi 13V

Gambar 14. Perbedaan ketebalan lapisan oksida pada sampel 9, 11, 13 dan 15 Volt

Ketebalan lapisan oksida yang tidak seragam pada permukaan lapisan oksida yang timbul, seperti pada Gambar 2 dapat diakibatkan karena agitasi yang dilakukan tidak cukup baik sehingga pada permukaan sampel terjadi pemanasan lokal pada bagian dasar pori sehingga menyebabkan distribusi medan listrik (*electrical field distribution*) yang tidak homogen di bagian tersebut. Hal ini selain menyebabkan terjadinya *local electrical breakdown* yang dapat memicu terjadinya retak dan burning pada lapisan oksida⁽²⁾ juga dapat menyebabkan reaksi pembentukan oksida pada permukaan sampel berjalan dengan tidak homogen dan merata sehingga variasi ketebalan lapisan oksida yang berbeda-beda untuk potensial yang sama dapat terjadi.

Hal ini diperkuat dengan hasil SEM yang dilakukan pada logam dasar yang menyebutkan bahwa pada logam dasar terdapat tiga daerah fasa. Fasa yang pertama adalah fasa matriks aluminium yang tersusun sebagian besar oleh aluminium (Al) yaitu sebanyak 89 %, dan sebagian kecil oleh unsur lain seperti silikon (Si) sebanyak 4 % dan tembaga (Cu) sebanyak 7 %. Fasa yang kedua adalah yang berwarna kelabu. Dari hasil EDX, ditunjukkan bahwa fasa kelabu ini merupakan fasa silikon (Si). Fasa yang ketiga adalah fasa yang berwarna putih pada hasil SEM, atau berwarna sedikit merah pada hasil foto mikro. Fasa ketiga ini mengandung unsur-unsur seperti aluminium (Al) sebanyak 44 %, silikon (Si) sebanyak 17 %, besi (Fe) sebanyak 23 %, tembaga (Cu) sebanyak 13 %, dan mangan (Mn) sebanyak 3 %.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan pengamatan mikro yang dilakukan dengan menggunakan EDX (*Energy Dispersive X-Ray Analysis*) maka terlihat bahwa senyawa yang dihasilkan dari proses anodisasi pada proses anodisasi pada permukaan sampel adalah Alumina (Al_2O_3).
2. Hasil anodisasi aluminium pada temperatur ± 30 °C dengan larutan elektrolit asam sulfat menunjukkan bahwa dengan naiknya tegangan anodisasi (yaitu dari 9, 11, 13 dan 15 Volt) maka kekerasan lapisan oksida rata-rata yang ditunjukkan dari hasil uji kekerasan mikro akan semakin meningkat pula. Yaitu dari 109 μ HV pada potensial 9 Volt, 116 μ HV pada potensial 11 Volt, 136 μ HV potensial 13 V, hingga 153 μ HV pada potensial 15 Volt.
3. Berdasarkan pengujian kekerasan mikro didapat ketebalan lapisan oksida dengan rentang antara 10 hingga 20 μ m dari batas terluar lapisan oksida.
4. Berdasarkan pengukuran ketebalan lapisan oksida secara mikro, didapat ketebalan lapisan oksida rata-rata yang terbentuk meningkat seiring dengan meningkatnya potensial yang diaplikasikan pada saat proses anodisasi berlangsung, yaitu sebesar 13 μ m pada potensial anodisasi 9 Volt, 15 μ m pada potensial anodisasi 11 Volt, 17 μ m pada potensial anodisasi 13 Volt, hingga 19 μ m pada potensial anodisasi 15 Volt.

Daftar Acuan

- [1] Davies, J.R. *Surface Engineering for Corrosion & Wear Resistance*. ASM International. New York. 2005.
- [2] Graham Kenneth .A. *Electroplating Engineering*. Van Nostrand Rein Hold Company. U.S.A. 1971.

- [3] Cartier, Michael. *Handbook of Surface Treatments & Coating*. ASME press. New York. 2003
- [4] Patermarakis G., Development of a theory for the determination of composition of the anodizing solution inside the pores during the growth of porous anodic Al₂O₃ films on aluminium by transport phenomena analysis”, *Jurnal of Electroanalytical Chemistry*, 1998.
- [5] Fratila L.E., J. Duszczyk, Katgerman L.”Vickers microhardness of AlSi(Cu) anodic oxide layer formed in H₂SO₄ at low temperature, *Surface dan Coating Technology*, 164, 2003,.
- [6] Pakes A., Thomson G.E., Skeldon P., Morgan P.C.”Development of porous anodic films on 2014-T4 aluminium alloy in tetraborate electrolyte”, *Corrosion Science*, 45, 2003.
- [7] Jean Ramussen, Douglas D. Bradford,”Capability Study of surface roughness filling groove anodizing of automotive pistons”, *Metal Finishing*, May, 2003.
- [8] Djozan Dj., Amir-Zehni M.”Anodizing of inner surface of long and small bore aluminium tube”, *Surface and Coating Technology*, 173, 2003