

## Optimalisasi Temperatur Hard Anodizing Terhadap Ketahanan Aus, Kekerasan Serta Ketebalan Lapisan Oksida Aluminium Paduan

Soekrisno<sup>a</sup>, .Bambang Wahyu Sidharta<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, UGM, Jl. Grafika 2,  
Yogyakarta 55281, Indonesia

<sup>b</sup>Mahasiswa Pasca Sarjana Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas  
Teknik, UGM, Jl. Grafika 2, Yogyakarta 55281, Indonesia

---

### Abstract

Aluminum oxide is harder, compact, and stronger than aluminum itself. This special characteristic is not exist on other material. Anodizing process that worse for other metal, but better for aluminum, because the oxide on the surface will be a protection layer. If the thickness of the protection layer can be increased, then the component made by this way will be much stronger and long life. From some publications related with this process, 20 % vol. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solution, 30 volt electrical driving force, and 30 minutes anodizing process was chosen. Temperature variations between 0 to 10 °C was chosen for this research. The specimen will be analyzed by hardness, wear, weight loss, and thickness of the oxide layer, using equipments available in our lab. Ice was used to controll the process at 0 °C, 5 °C, and 10 °C, with H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, voltage, and other conditions were exactly the same as mention above. The result were as follow; the best anodizing temperature was 10 °C, because it gave the hardest surface and the smallest weight loss. For wear, anodizing at 10 °C was the larges among the three of different anodizing temperature, but compared with the raw material it was really very very good, because the raw material was 17 up to 27 times worse. From the thickness of the oxide layer, it was difficult to analyzed which one the best or worse, because all of them almost the same.

Kata kunci: aluminium, anodizing, kekerasan, keausan, ketebalan lapisan

---

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar belakang

Untuk membuat berbagai bentuk komponen mesin sudah bukan hal yang sulit, namun menyempurnakan performa dari suatu material khususnya kekerasan permukaan, diperlukan proses yang sesuai sehingga diperoleh komponen yang tahan aus atau tahan lama. Dalam perbaikan performa material, khususnya aluminium dan paduannya, hard anodizing adalah salah satu proses yang banyak digunakan untuk mencapai tujuan tersebut. Dengan proses ini, pada permukaan aluminium yang mengalami oksidasi terbentuk oksida aluminium yang keras, sehingga kekerasan yang lebih tinggi ini akan meningkatkan ketahanan aus komponen tersebut. Kekerasan permukaan hasil anodizing ini jauh lebih tinggi bila dibandingkan dengan aluminium tanpa proses hard anodizing. Hasil yang lebih baik ini, didapatkan karena terbentuknya lapisan oksida pada permukaan aluminium selama proses hard anodizing. Untuk mendapatkan hasil yang terbaik itu, proses ini dicoba dilakukan pada temperatur yang rendah, yaitu: 0, 5, dan 10 °C.

Dengan penggunaan elektrolit H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan temperatur yang optimal, harapannya proses ini

menghasilkan sifat fisik dan mekanis pada aluminium yang optimal pula. Untuk mencapai hasil yang diharapkan, perlu dilakukan penelitian pada proses hard anodizing sehingga hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan oleh dunia industri di Indonesia dalam membuat produk dengan kualitas yang lebih baik.

### 1.2. Studi pustaka

Krishna [1] meneliti *micro-arc oxidation* (MAO), yaitu teknik pelapisan yang dapat menghasilkan endapan padat. Lapisan ini berupa komposit keramik (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) yang keras pada permukaan aluminium paduan, yang merupakan proses yang berpotensi untuk menggantikan teknik anodizing yang konvensional. Akan tetapi hal ini tergantung pada sifat dan performa dari lapisan MAO dibandingkan dengan lapisan oksida hasil hard anodizing. Untuk mendapatkan perbandingan ini, digunakan paduan aluminium 6061T6 sebagai substratnya dan dilapisi menggunakan teknik *micro-arc oxidation* (MAO) dan *hard anodizing*. Performa tribologi dari lapisan diuji dengan *dry-sand wheel test* pada beban normal yang berbeda, pengujian keausan erosi dengan *solidparticle* pada kecepatan partikel yang berbeda dan *impact angles* menggunakan silika sebagai

erodent. Lapisan oksida karena hard anodizing akan mengurangi laju keausan abrasif dari paduan aluminium 6061T6 dengan faktor sebesar 2, sedangkan lapisan MAO mengurangi laju keausan dengan faktor sekitar 12 – 30. Pada kondisi erosi, laju keausan lapisan MAO secara keseluruhan identik dengan paduan tanpa proses, sedangkan lapisan *hard-anodized* menghasilkan laju erosi 10 kali lebih tinggi.

Riastuti [2] meneliti pembentukan lapisan oksida pada *superpure* aluminium dan paduan aluminium-lithium 8090 menggunakan elektrolit 30 g/l asam kromat pada tegangan 50V dan 22V (DEF-151 standard). Pengamatan hasil pengujian menggunakan mikroskop optik, *scanning electron microscopy* dan *transmission electron microscopy* untuk mengetahui ketebalan lapisan, morfologi lapisan dan untuk menentukan lubang cacat yang terbentuk karena adanya elemen paduan.

Ketebalan lapisan yang terbentuk pada aluminium paduan 8090, yaitu paduan aluminium-lithium dalam proses anodisasi dengan tegangan 50V dan 22V, menghasilkan lapisan lebih tebal dibandingkan dengan *superpure* aluminium. Ketebalan lapisan pada paduan 8090 terjadi karena besarnya arus yang mengalir yang berhubungan dengan cacat (*flaws*). Dengan pengamatan mikroskop elektron, morfologi lapisan anodik yang terbentuk pada *superpure* aluminium mempunyai bentuk seperti bulu (*feather-like*); sedangkan morfologi lapisan anodik yang terbentuk pada paduan 8090 aluminium-lithium mempunyai bentuk seperti butiran jagung (*popcorn-like*) pada permukaannya ketika awal proses, dimana kepadatan populasi *cavities* akan meningkat sebagai hasil proses anodisasi.

Li [3] menemukan bahwa ukuran domain adalah fungsi linier dari waktu dan meningkat seiring dengan adanya peningkatan temperatur. Kerapatan pori pada awalnya tinggi, tetapi akan berkurang dengan waktu anodisasi, tetapi pori-pori ini mempunyai kedalaman yang lebih dalam, serta jumlahnya lebih banyak. Pori-pori berukuran kecil terbentuk pada oksida dalam udara atau ternukleasi setelah electropolishing. Pertumbuhan pori akan dimulai ketika medan elektrik meningkat pada bagian bawah pori dan asam diserap oksida secara lokal.

Pada permukaan lapisan oksida yang terbentuk dalam proses *anodizing ini*, terdapat jutaan sel per  $\text{cm}^2$ , dimana ukurannya merupakan fungsi dari tegangan proses *anodizing* [4]. Ukuran pori dipengaruhi oleh banyak faktor seperti jenis elektrolit, temperatur serta hubungan antara tegangan dan arus yang dipakai. Struktur dari lapisan oksida yang terbentuk pada anodizing yang menggunakan asam fosfat, asam sulfat, asam kromat dan asam oksalat sebagai elektrolitnya, hanya berbeda pada ukuran pori dan selnya.

### 1.3. Tujuan

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah memperoleh metode yang optimal dalam proses hard anodizing pada aluminium paduan, sehingga parameter ini dapat digunakan sebagai acuan oleh industry, khususnya industri kecil dan menengah di negara ini, sehingga produk yang dihasilkan lebih berkualitas dan dapat berkompetisi dipasaran.

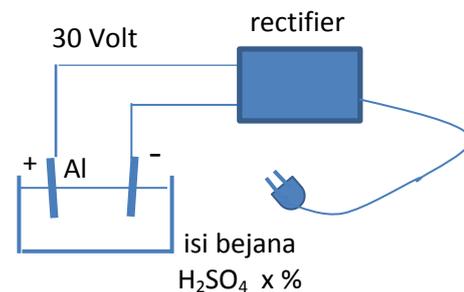
## 2. METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah aluminium paduan. Aluminium paduan ini kemudian dipotong-potong menjadi spesimen dengan ukuran  $p \times l \times t = 20 \times 20 \times 4$  mm. Pada spesimen ini kemudian dilakukan pengujian komposisi, pengujian kekerasan serta pengujian keausan untuk mengetahui nilai kekerasan serta keausan pada spesimen sebelum dilakukan proses anodisasi. Nilai kekerasan serta keausan diperlukan sebagai nilai pembandingan dalam penelitian ini. Dalam penelitian ini, spesimen dianodisasi dengan menggunakan elektrolit  $\text{H}_2\text{SO}_4$  20% vol. pada temperatur 0, 5, dan 10 °C. Setelah proses anodisasi dengan tiga variasi suhu tersebut, pada spesimen dilakukan pengujian kekerasan, keausan dan ketebalan lapisan oksida, untuk mengetahui kualitas hasil proses anodisasi. Dari data yang didapat dan dikumpulkan kemudian diolah dan diambil suatu kesimpulan akan hasil penelitian ini.

### 2.1. Alat Penelitian.

Dalam penelitian ini, alat-alat yang digunakan adalah

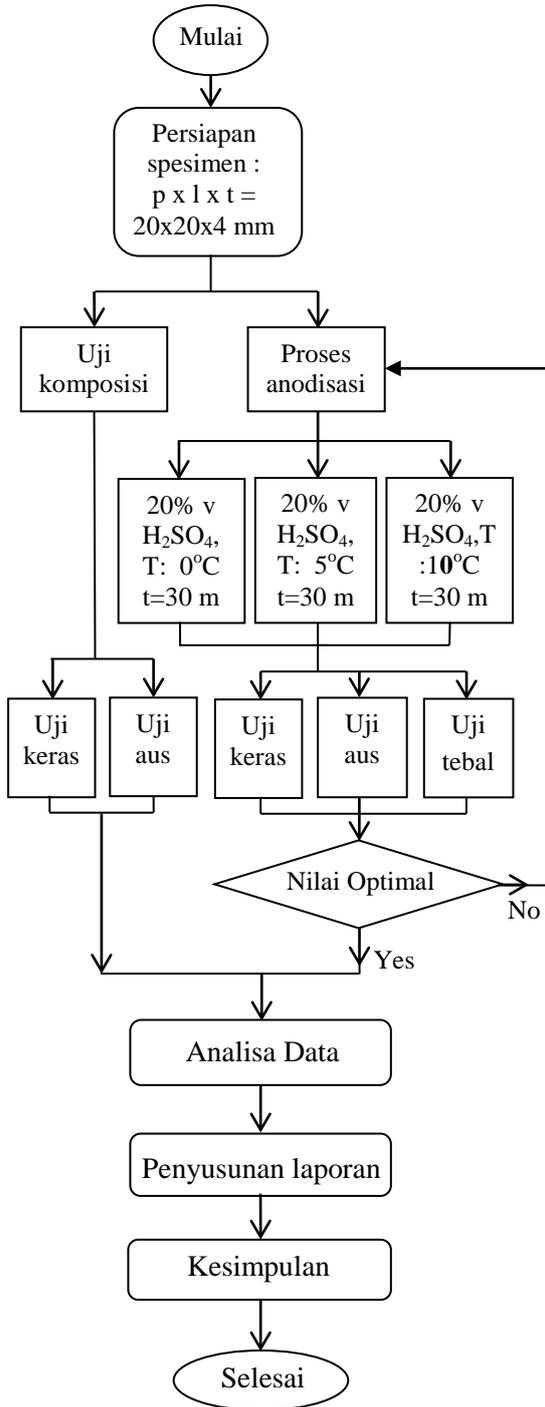
1. Rectifier
2. Thermometer
3. Alat uji micro hardness
4. Alat uji keausan
5. Mikroskop optik
6. SEM



Gambar 1. Setting kelistrikan dalam proses anodisasi

Pada gambar 3 tampak bongkahan es untuk menurunkan suhu cairan elektrolit, sedemikian sehingga diperoleh tiga macam suhu, yaitu: 0, 5, dan 10 °C.

2.2. Diagram Alir Penelitian.



Gambar 2. Flow Chart

Dalam gambar 3 juga terlihat tiga spesimen tergantung, sehingga untuk kondisi yang sama, selalu saja ada tiga data untuk diambil rata-ratanya.

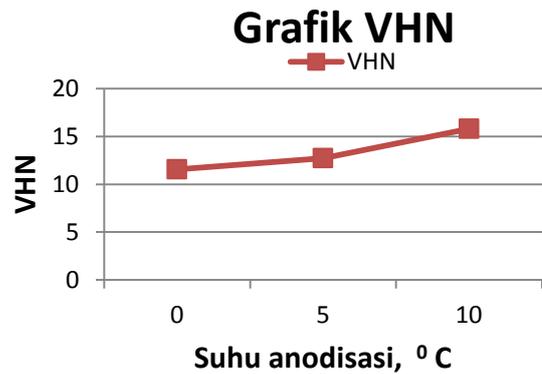
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari uji kekerasan, diperoleh hasil sebagai berikut: Kekerasan meningkat untuk suhu yang lebih tinggi.

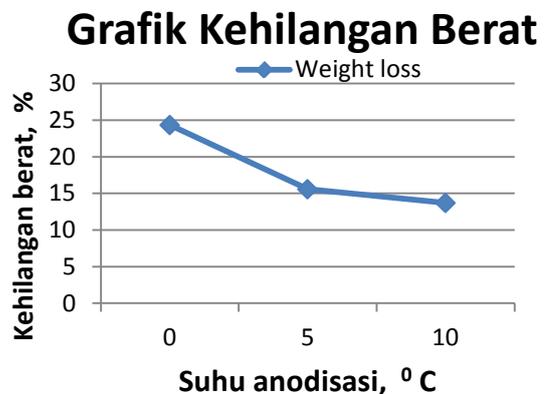


Gambar 3. Foto bejana anodisasi dengan anoda terdiri dari tiga lempeng aluminium.

Suhu 10 °C, dalam hal ini mempunyai kekerasan tertinggi, sekitar 16 VHN, dibanding kekerasan aluminium (raw material) hanya sekitar 9 VHN.



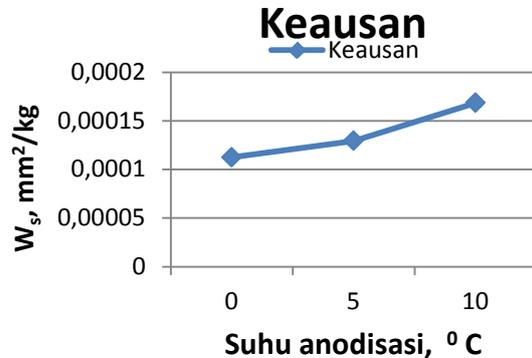
Gambar 4. Kekerasan lapisan permukaan untuk 3 suhu proses anodisasi



Gambar 5. Kehilangan berat pada 3 suhu proses anodisasi

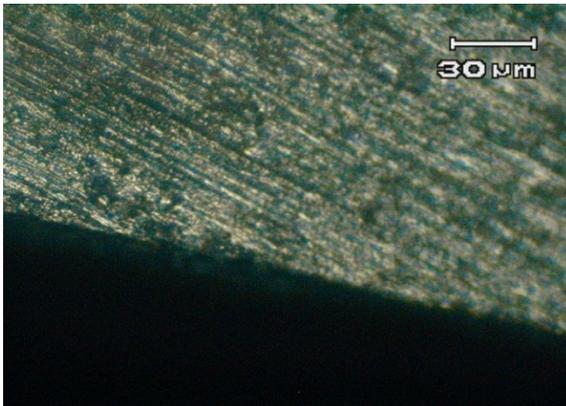
Sedangkan selama proses anodisasi, terjadi kehilangan berat (lihat gambar 5.) lebih banyak pada spesimen suhu rendah, sekitar 25%, artinya proses anodisasi suhu rendah lebih banyak membuat logam hilang terbawa arus, atau sebaliknya anodisasi suhu

tinggi lebih utuh atau hanya 14% logam yang hilang. Data ini bersesuaian dengan data kekerasan, yaitu makin keras makin sulit larut.



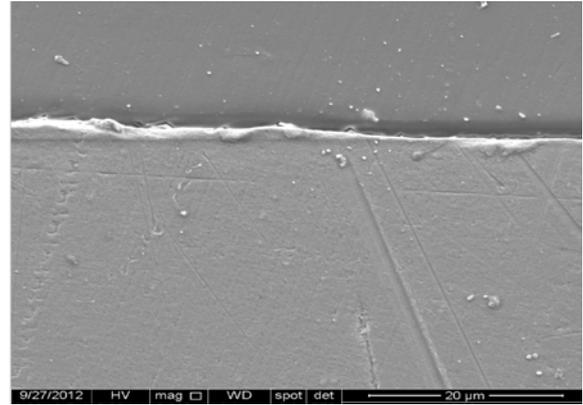
Gambar 6. Hasil uji Keausan untuk 3 suhu proses anodisasi

Untuk keausan, ada sedikit keanehan yang belum terjawab penyebabnya, yaitu keausan tertinggi justru berada pada anodisasi dengan suhu tinggi, (lihat gambar 6.) yang lebih keras menurut grafik VHN. Data yang aneh ini semoga segera mendapat jawaban setelah data pengujian yang lain masuk. Namun demikian kalau dibanding raw material, keausan ini sudah sangat bagus, karena sebelum dianodisasi keausannya sekitar 0,003 mm<sup>2</sup>/kg, atau anodisasi membuat permukaan lebih tahan aus sekitar 17 – 27 kali lebih bagus.



Gambar 7. Foto ketebalan lapisan oksida dengan mikroskop optik

Dari foto mikro bisa diukur ketebalan lapisan oksida, tapi dari mikroskop optik sulit memastikan batas tebal lapisan. Setelah di SEM, dari ketiga gambar untuk masing-masing suhu, atau total 9 gambar SEM, dapat disimpulkan bahwa untuk suhu rendah ketebalannya bervariasi dari: 1 – 3 μm, sedangkan untuk suhu lebih tinggi, yaitu 10 °C, ketebalan lapisan oksida yang dihasilkan bervariasi dari: 1 – 4 μm. Dengan kata lain tebal lapisan tidak banyak berubah terhadap suhu anodisasi.



Gambar 8. Foto mikro ketebalan lapisan oksida yang terbentuk selama proses anodisasi, dengan menggunakan SEM

#### 4. KESIMPULAN

Proses anodisasi aluminium dari penelitian yang masih sangat terbatas datanya ini dapat disimpulkan:

1. Proses anodisasi pada suhu 10 °C, menghasilkan kekerasannya tertinggi.
2. Anodisasi pada suhu 10 °C ini spesimen lebih utuh, atau paling sedikit kehilangan berat selama proses.
3. Semakin tinggi suhu anodisasi, keausannya makin meningkat
4. Ketebalan lapisan oksida tidak banyak dipengaruhi oleh suhu anodisasi

#### 4.1. Saran

Untuk proses anodisasi aluminium paduan, yang menjadi pilihan adalah suhu 10 °C

#### 4.2. Ucapan Terima kasih

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya saya tujukan kepada Jurusan Teknik Mesin dan Industri, khususnya Pasca sarjana, yang telah memberi dana sehingga penelitian ini dapat berjalan sebagaimana mestinya dan memperoleh hasil.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. R. Krishna, A. S. Purnima, & G. Sundararajan, 2006, A comparative study of tribological behavior of microarc oxidation and hard-anodized coatings. *www.elsevier.com/locate/wear*, 1095-1101. Diakses 19 Maret 2012.
- [2] R. Riastuti, 1996, Anodizing of Superpure Aluminium and 8090 Aluminium Lithium Alloy In Chromic Acid. *4th International Aerospace Corrosion Control Symposium*. Jakarta: SP Conferences, UK.
- [3] F. Li, L. Zhang, & R. M. Metzger, 1998, On the growth of highly ordered pores in anodized aluminum oxide. *Chem.Mater.*, 2470-2480.
- [4] F. A. Lowenheim, 1978, *Electroplating*. New York: McGraw-Hill Book Company.

