

## TUGAS AKHIR

### PENGARUH VARIASI KONSENTRASI LARUTAN ASAM SULFAT (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) PADA PROSES ANODIZING DENGAN BAHAN ALUMINIUM SERI 1XXX

Wahyu Maulana Muhammad

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Wahyu.maul101@gmail.com

#### INTISARI

*Anodizing* atau yang dikenal dengan nama pelapisan logam (*plating*) atau (*surface treatment*), adalah suatu perlakuan permukaan untuk melapisi permukaan logam dengan lapisan oksida protektif hingga ketebalan tertentu agar terlindungi dari pengaruh destruktif lingkungan yang menyebabkan korosi, keausan, dan meningkatkan daya tahan abrasi disamping itu metode *anodizing* juga menghasilkan tampilan logam yang lebih menarik, bertekstur, dan berwarna. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh Variasi konsentrasi asam sulfat pada larutan *anodiz* dalam proses *anodizing* terhadap ketebalan lapisan oksida, struktur permukaan lapisan oksida, dan kekerasan pada permukaan aluminium 1XXX.

Proses *anodizing* menggunakan power supply dengan tegangan listrik 18 Volt arus 2 Ampere. Plat yang digunakan aluminium seri 1XXX diampelas secara bertahap hingga permukaan aluminium bersih dan tidak terdapat goresan goresan yang dapat mengganggu hasil *anodizing*, kemudian dilakukan proses *cleaning*, *etching*, *desmut*, *anodizing*, *dyeing*, *sealing*, dan *rinsing* pada setiap prosesnya. Pada proses *anodiz* dilakukan menggunakan variasi konsentrasi larutan asam sulfat 16%, 18%, dan 20% serta waktu pencelupan 10 menit. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian struktur mikro dan struktur makro, serta kekerasan (*vickers*).

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi asam sulfat pada larutan *anodiz* berpengaruh terhadap ketebalan lapisan oksida, struktur permukaan, dan kekerasan permukaan aluminium 1XXX, dimana ketebalan tertinggi setelah melalui proses *anodizing* dan *sealing* sebesar 170,5 µm pada variasi larutan elektrolit dengan konsentrasi 16%, dan kekerasan lapisan oksida tertinggi terdapat pada tingkat konsentrasi yang sama dengan kekerasan rata-rata sebesar 75,48 ± 9,08 VHN setelah proses *anodiz* dan *dyeing*. Semakin tinggi elektrolit yang digunakan belum tentu meningkatkan ketebalan lapisan oksida dan kekerasan Aluminium 1XXX.

#### PENDAHULUAN

*Anodizing* atau yang dikenal dengan nama pelapisan logam (*plating*) atau (*surface treatment*) adalah suatu perlakuan permukaan untuk melapisi permukaan logam agar terlindungi dari pengaruh *destruktif* lingkungan yang menyebabkan korosi, disamping itu metode *anodizing* juga menghasilkan tampilan logam yang lebih menarik, bertekstur dan berwarna, serta tahan terhadap gesekan permukaan. Pada rekayasa material, proses *anodizing* sering diaplikasikan pada bahan aluminium. Hal tersebut sangat memungkinkan dikarenakan karakteristik logam aluminium memiliki beban yang cukup ringan (2,10 gr/cm<sup>3</sup>), mudah di bentuk dan tahan terhadap korosi (Hutasoit, 2008).

Setelah *dianodizing* aluminium akan terbentuk lapisan oksida protektif *alumina*

(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Lapisan oksida (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) yang sudah terbentuk dari proses *anodizing* memiliki ketebalan yang lebih tinggi dari pembentukan lapisan oksida secara alami, dan juga memiliki kekerasan yang lebih tinggi. Selain itu peningkatan nilai estetika, bisa juga dilakukan melalui proses *anodizing*. Pembentukan lapisan oksida bisa diatur sedemikian rupa melalui larutan elektrolit, sehingga hasil dari lapisan oksida aluminium bisa diberi warna sesuai selera.

Semakin tinggi konsentrasi asam sulfat pada proses *anodiz* akan meningkatkan ketebalan pada lapisan oksida, (Sipayung, 2008). Ketebalan lapisan oksida tertinggi mencapai 70 µm dari variasi larutan elektrolit 25%. Kekerasan yang tertinggi didapatkan dari variasi elektrolit 10% mencapai 100.2 VHN, (Rohman, 2012).

Semakin tingginya konsentrasi asam sulfat maka akan semakin menurunkan kekerasannya permukaan aluminium hasil *anodizing*.

Konsentrasi asam sulfat yang terbaik pada proses *anodizing* didapatkan pada konsentrasi 15%-20%, (Nurani, 2007). Variasi konsentrasi di asam sulfat akan menghasilkan kekerasan optimum pada konsentrasi asam sulfat 15% dengan kekerasan hingga 734,4 VHN, (Fitrahudin, 2009).

Dari hasil penelitian-penelitian tersebut, menunjukkan bahwa pada variasi larutan elektrolit berpengaruh terhadap ketebalan lapisan oksida dan kekerasan permukaan. Namun dari penelitian tersebut terdapat kesamaan, yaitu jika konsentrasi larutan elektrolit yang digunakan terlalu tinggi atau terlalu rendah akan menghasilkan ketebalan lapisan oksida yang rendah pada aluminium. Lapisan oksida yang rendah bisa disebabkan dari dua hal, yakni jika penggunaan asam sulfat rendah akan mengurangi kemampuan elektrolit dalam menghantarkan listrik sehingga mengurangi kecepatan pertumbuhan lapisan oksida dan bentuk pori tidak terlalu merata. Jika penggunaan asam sulfat terlalu tinggi akan mempercepat terbentuknya lapisan oksida namun lapisan oksida yang sudah terbentuk akan segera dilarutkan kembali oleh asam sulfat dan lapisan benda yang telah terbentuk menipis. Selain itu kekerasan lapisan oksida yang terbentuk juga akan semakin berkurang dan pori-pori yang terbentuk lebih merata jika menggunakan asam sulfat dengan konsentrasi yang lebih tinggi.

Pada penelitian ini akan digunakan variasi konsentrasi 16%, 18% dan 20% kuat arus 2 Ampere dan tegangan 18 Volt pada proses *anodizing*, diharapkan akan menghasilkan nilai kekerasan dan ketebalan yang lebih tinggi.

## Dasar Teori

Aluminium *anodizing* adalah proses pelapisan secara elektrokimia yang mengkonversi aluminium menjadi aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) pada permukaan material yang akan dilapisi (Jeff Pernick, *International Hardcoat, Inc*). Proses elektrolisis adalah terjadinya reaksi kimia pada arus listrik. Komponen yang terpenting dari proses elektrolisis adalah elektroda dan elektrolit. Pada proses elektrolisis, katoda merupakan kutub negatif (sebagai penghantar benda kerja) dan anoda merupakan kutub positif (benda kerja).

Dari definisi tersebut diketahui bahwa prinsip dasar proses *anodizing* adalah elektrolisis seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya. Pada proses *anodizing* komponen yang terpenting dari

proses elektrolisis ini adalah elektroda dan elektrolit. Pada proses elektrolisis, katoda merupakan kutub negatif (-) dan anoda merupakan kutub positif (+).

Karakteristik dalam lapisan *anodizing* menghasilkan suatu lapisan tipis oksida yang baik terhadap logam dasarnya. Lapisan tersebut memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

1. Keras, mendekati kekerasan *sapphire*.
2. Transparan, dengan beberapa variasi warna.
3. Terintegrasi dengan baik pada logam dasarnya, dan tidak dapat mengelupas.

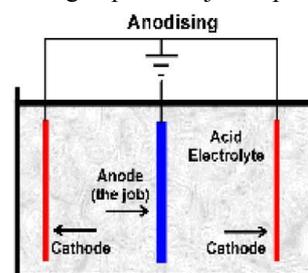
Sifat-sifat diatas merupakan keunggulan dari lapisan oksida pada proses *anodizing*.

## Klasifikasi *Anodizing*

Adapun klasifikasi yang ada dalam proses *anodizing* adalah sebagai berikut:

### 1. Elektroda

Elektroda adalah sebuah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan bagian non-logam dari sebuah rangkaian listrik, ditemukan oleh Michael Faraday dari bahasa Yunani elektron. Pada percobaan *anodizing* ini, digunakan elektron aluminium sebagai anoda sedangkan katodanya adalah timbal (Pb). Sebuah elektron dalam sebuah sel elektrolisis ditunjukkan sebagai anoda atau katoda. Anoda ini didefinisikan sebagai elektroda dimana elektron memasuki sel kemudian menimbulkan reduksi. Setiap elektroda dapat menjadi sebuah anoda atau katoda tergantung voltase yang diberikan kedalam sel tersebut. Sebuah elektroda bipolar adalah elektroda yang berfungsi sebagai anoda dari sebuah sel elektrokimia dan katoda, bagi sel elektrokimia lainnya. Proses elektroda pada *anodizing* dapat ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Elektroda pada proses *anodic oxidation*.

### 1. Elektrolit

Elektrolit adalah senyawa yang dapat menghantarkan arus listrik apabila dilarutkan kedalam larutan pelarut air. Elektrolit diklasifikasikan berdasarkan kandungan ion  $H^+$ . Elektrolit yang dapat menghantarkan arus listrik

dengan baik digolongkan kedalam elektrolit kuat, salah satunya adalah asam klorida (HCL), asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), dan asam nitrat, (HNO<sub>3</sub>). Selain elektrolit kuat ada pula golongan elektrolit lemah seperti asam cuka encer (CH<sub>3</sub>COOH), aluminium hidroksida, kalium karbonat (C<sub>a</sub>CO<sub>3</sub>).

## 2. Power Supply

Power supply berfungsi untuk penghantar arus dan tegangan searah..Arus DC yang dialirkan bisa diukur menggunakan Amperemeter, sedangkan untuk mengukur besarnya tegangan DC digunakan Voltmeter.

Proses *anodizing* memiliki beberapa tujuan, antara lain :

### 1. Meningkatkan ketahanan korosi.

Dari proses anodisasi, lapisan oksida yang dihasilkan dari anodisasi tahan terhadap karat/korosi dan bisa menahan atmosfer atau air garam. Lapisan oksida melindungi logam yang ada di bawahnya dengan bertindak sebagai penghalang (*barrier*) dari serangan lingkungan yang korosif.

### 2. Meningkatkan sifat *adhesif*.

Lapisan ini hasil proses anodisasi yang menggunakan asam fosfor dan kromat dapat meningkatkan kekuatan ikatan dan ketangguhan, biasanya digunakan pada industri pesawat terbang.

### 3. Meningkatkan ketahanan aus (*wear resistant*).

### 4. Proses *hard anodizing* dapat menghasilkan lapisan setebal 25-100 mikron. Lapisan tersebut, dengan kekerasan inheren aluminium oksida yang sedemikian cukup tebal dapat digunakan untuk aplikasi dibawah kondisi ketahanan abrasi. Dimana lapisan oksida (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ini memiliki nilai kekerasan yang cukup

Pori dari lapisan anodik oksida mendukung proses *electroplating*, kebanyakan asam yang digunakan apabila ingin melakukan pelapisan lanjutan adalah asam *phosfor*.

### 5. Aplikasi dekorasi.

Pada permukaan logam, lapisan oksida yang terbentuk memiliki tampilan yang mengkilau, dimana pada aluminium tampilan oksida yang alami sangat diinginkan. Selain itu, lapisan oksida yang dihasilkan dapat diberi warna dengan metode yang berbeda. Pewarnaan organik akan diserap pada lapisan pori untuk menghasilkan warna tertentu dan pigmen

mineral yang mengendap di dalam pori akan menghasilkan warna yang stabil.

tinggi (sebanding dengan *sapphire*) atau paling keras setelah intan.

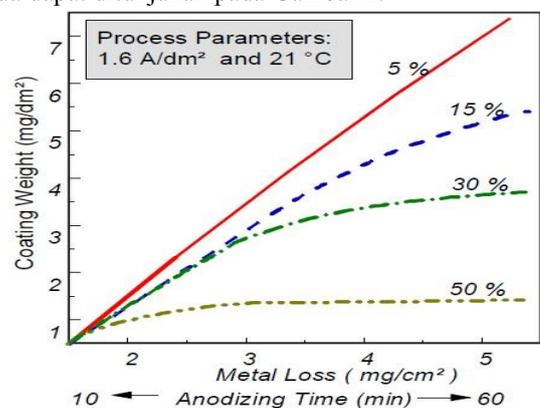
### 6. Isolator listrik

Lapisan oksida memiliki resistivitas yang tinggi khususnya lapisan oksida yang porinya tertutup.

### 7. Dapat menempel pada proses plating selanjutnya.

## Konsentrasi Elektrolit pada Proses *anodizing*

Umumnya larutan elektrolit yang digunakan dalam proses anodizing adalah asam sulfat dan asam kromat, namun beberapa jenis asam lain seperti asam oksalat, asam phospat, dan *sulphosalicylic acid* juga dapat digunakan untuk proses *anodizing*. Peningkatan konsentrasi dalam hubungannya dengan karakteristik lapisan, mempengaruhi kehilangan logam (*metal loss*) yang terjadi pada proses *anodizing*. Peningkatan konsentrasi yang lebih akan mengakibatkan terjadinya pelarutan lapisan film, untuk itu konsentrasi perlu diatur dengan tepat agar menghasilkan lapisan film yang optimal. Grafik konsentrasi elektrolit terhadap ketebalan lapisan oksida dapat ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Grafik waktu pencelupan *anodizing* terhadap berat lapisan oksida yang terbentuk dengan variasi konsentrasi elektrolit. Sumber : Gazapo & Gea. (2009)

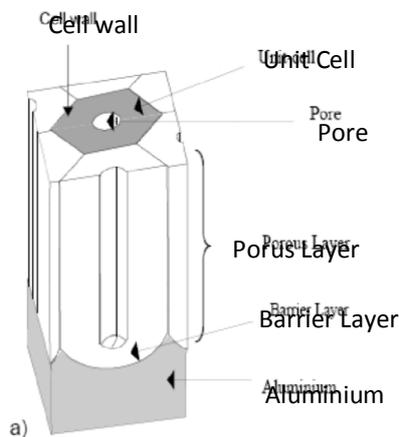
## Pembentukan Lapisan Oksida

Lapisan hasil anodizing memiliki struktur yang berbeda dari lapisan oksida yang terbentuk secara alami, dimana lapisannya memiliki

struktur pilar hexagonal berpori yang memiliki karakteristik yang unik sehingga meningkatkan sifat mekanis permukaan aluminium. Secara umum lapisan oksida hasil dari proses *Anodizing* memiliki karakteristik sebagai berikut:

1. Keras, Aluminium ( $Al_2O_3$ ) memiliki kekerasan sebanding dengan *sapphire*
2. Insulatif dan tahan terhadap beban
3. Transparan
4. Tidak ada serpihan
5. Berubah warna

Lapisan oksida yang terbentuk dari proses ini akan meningkatkan ketahanan abrasif, kemampuan *insulator electric* logam, serta kemampuan untuk menyerap zat pewarna untuk menghasilkan variasi tampilan warna pada permukaan hasil anodisasi. Aluminium serta paduan-paduannya mempunyai sifat tahan terhadap korosi karena adanya lapisan oksida protektif. Tebal dari lapisan oksida sekitar 0,005-0,01  $\mu m$ , atau 0,1-0,4x10<sup>-6</sup> inch atau 0,25-1x10<sup>-2</sup> mikron. Struktur lapisan aluminium oksida ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3** a) Struktur pori pada lapisan hasil *anodizing*. (Juhl 2005)

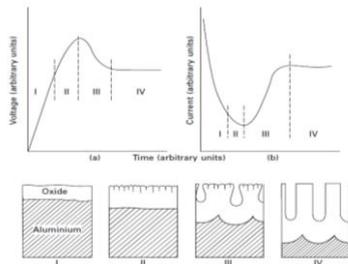
Terbentuknya lapisan oksida pada permukaan logam yang di anodisasi bergantung pada jenis elektrolit yang digunakan, lapisan dasar oksida (*barrier type oxide film*) dan lapisan pori oksida (*porous oxide film*) dapat terbentuk selama proses anodisasi. Lapisan oksida yang dihasilkan mempunyai struktur yang porous atau berpori dengan bentuk strukturnya heksagonal, dengan pori yang terdapat di tengah.

Lapisan dasar adalah lapisan yang tipis dan padat, berfungsi sebagai lapisan antara lapisan

pori dan base metal. Lapisan tersebut memiliki sifat yang melindungi dari korosi lebih lanjut dan tahan terhadap arus listrik. Struktur berpori adalah hasil dari reaksi pembentukan dari pelarutan lapisan oksida. Pada awalnya lapisan pori yang terbentuk selinder memanjang namun karena kemudian bersinggungan dengan oksida-oksida lainnya yang berada disisi-sisinya, maka lapisan oksida tersebut bertransformasi menjadi bentuk saluran heksagonal yang memanjang.

Proses pembentukan lapisan oksida bisa diamati dengan memperhatikan perubahan arus pada tegangan anodizing yang tetap atau perubahan tegangan pada arus tetap. Proses pembentukan lapisan oksida dapat dibagi dalam 4 tahapan, antara lain:

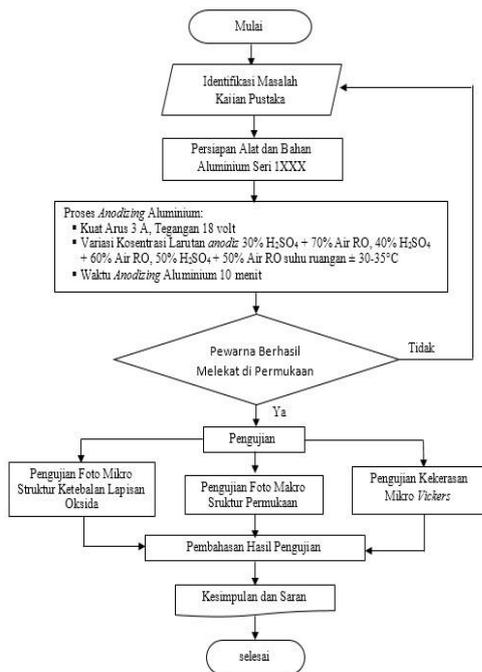
1. Penambahan *barrier layer* yang ditandai dengan penurunan arus yang mengalir. *Barrier layer* ini merupakan lapisan oksida aluminium yang menebal akibat adanya reaksi oksidasi pada permukaan logam. Akibat adanya penebalan maka hambatan yang ditimbulkan menjadi lebih besar. Hal itulah yang menimbulkan penurunan arus selama pembentukan *barrier layer*.
2. Setelah *barrier layer* menebal, mulai terlihat benih-benih pori dekat batas antara oksida dan larutan. Pada tahapan ini terjadi penurunan arus pada sistem dan akan mencapai titik minimum saat tahapan ini berhenti.
3. Inisiasi pori yang terbentuk menjadi awal pembentukan struktur oksida berpori. Bentuk pori pada tahapan ini tidak sempurna dan terjadi peningkatan arus yang mengalir pada sistem.
4. Arus yang mengalir pada sistem akan terus meningkat dengan semakin sempurnanya morfologi lapisan oksida. Peningkatan ini terjadi hingga pada suatu saat arus yang mengalir akan konstan saat struktur berpori telah terbentuk sempurna. Seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4** Tegangan dan arus yang. 1) Pembentukan *barrier layer*, 2) Awal pembentukan pori-pori, 3) Pori terbentuk dan berkembang, 4) Pori yang terbentuk semakin stabil.  
Sumber : Yerokhin (2010).

## METODE PENELITIAN

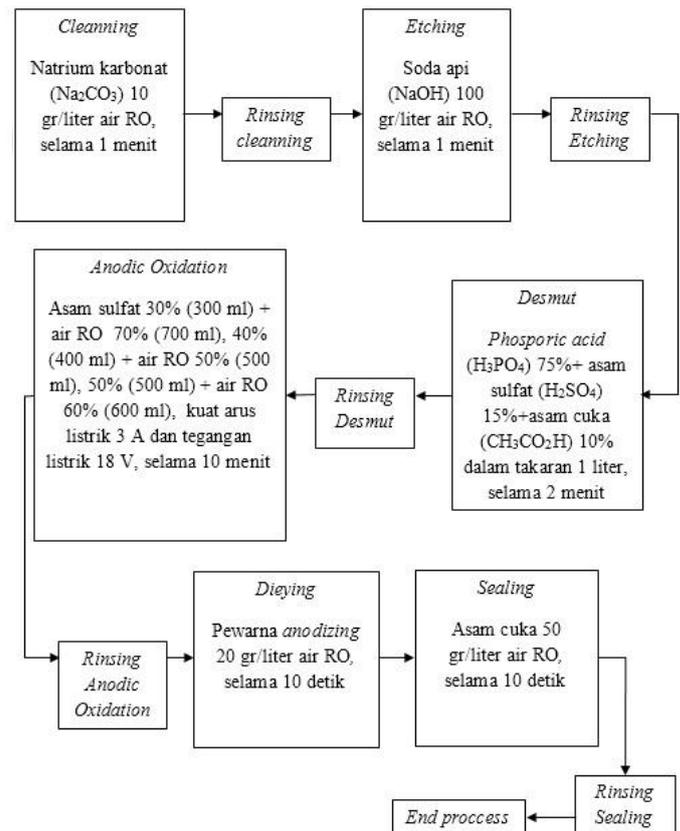
Untuk memperjelas tahapan-tahapan penelitian *anodizing* yang akan di lakukan di buat diagram alir proses *anodizing*, yang di tujuan pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Diagram Alir Penelitian

### Tahapan Proses *Anodizing*

Adapun tahapan-tahapan dalam melakukan proses *anodizing* yang pertama dilakukan yaitu menyiapkan



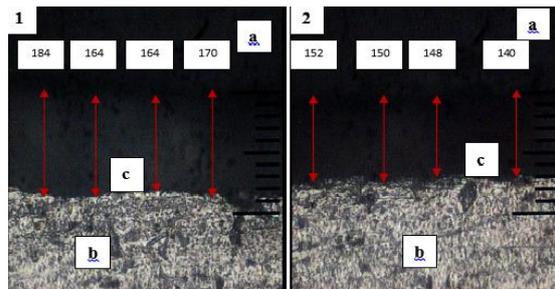
alat dan bahan disiapkan, memakai perlengkapan penunjang keselamatan. Plat Aluminium seri 1XXX dipotong dengan ukuran 50 mm x 30 mm menggunakan gergaji tangan. Setelah proses pemotongan bahan, dilakukan pengamplasan secara manual dan bertahap dengan amplas seri P1000, P2000, dan C5000. Lalu dibilas menggunakan air. Setelah itu di lanjutkan proses *cleaning*, larutan yang digunakan pada proses ini adalah natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) dengan konsentrasi (10 gr/liter) air, selama 1 menit dengan suhu ruangan bak plastik  $\pm 30\text{-}35^\circ\text{C}$ . Setelah proses ini selesai, spesimen dirinsing menggunakan air. Selanjutnya adalah proses *etching*, menggunakan larutan soda api ( $\text{NaOH}$ ) dengan konsentrasi (100 gr/liter) air, selama 1 menit dengan suhu ruangan bak plastik  $\pm 30\text{-}35^\circ\text{C}$ . Setelah proses ini selesai, spesimen dirinsing menggunakan air. Kemudian, proses *desmut* menggunakan larutan campuran *phosporic acid* ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) 75% dan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 15% serta asam cuka ( $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ ) 10%, selama 2 menit dengan suhu ruangan bak plastik  $\pm 30\text{-}35^\circ\text{C}$ . Proses ini ditujukan untuk menghilangkan lapisan tipis yang berwarna abu-

abu hingga hitam yang berasal dari bahan-bahan paduan pembentuk logam aluminium yang tidak dapat larut dalam larutan *etching*. Selain itu juga berfungsi untuk pengkilapan (*bright deep*). Kemudian, spesimen *dirinsing* menggunakan air. Setelah proses *desmut* selesai, selanjutnya proses *anodizing* atau *anodic oxidation*, dilakukan menggunakan variasi konsentrasi asam sulfat 16%, 18%, dan 20% dengan tegangan listrik 18 Volt, kuat arus 3 Ampere selama 10 menit dengan suhu ruangan bak plastik  $\pm 35-45^{\circ}\text{C}$ . Kemudian, spesimen *dirinsing* menggunakan air. Setelah lapisan oksida terbentuk melalui proses *anodic oxidation*, selanjutnya adalah proses pewarnaan (*dyeing*). Pada proses ini material dicelupkan kedalam larutan pewarna (20 gr/liter) air selama  $\pm 10$  detik, dengan suhu ruangan bak plastik pewarna (*dyeing*)  $\pm 30-35^{\circ}\text{C}$ . Tahap terakhir yaitu proses *sealing* ditujukan untuk menutup kembali pori-pori lapisan oksida yang terbentuk pada proses *anodic oxidation*, selain itu, juga sebagai pengunci warna. Pada proses ini menggunakan larutan asam cuka (50 gr/liter) air, selama  $\pm 10$  detik, dan menggunakan suhu ruangan bak plastik larutan *sealing*  $\pm 30-35^{\circ}\text{C}$ . Kemudian, spesimen *dirinsing* menggunakan air. Untuk lebih jelasnya tahapan akan di tampilkan pada bagan.

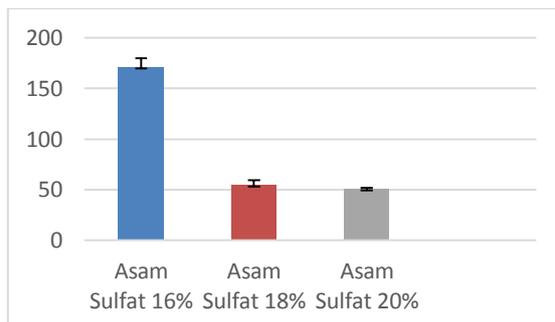
## HASIL DAN PEMBAHASAN :

### 1. Hasil Pengamatan Foto Struktur Mikro

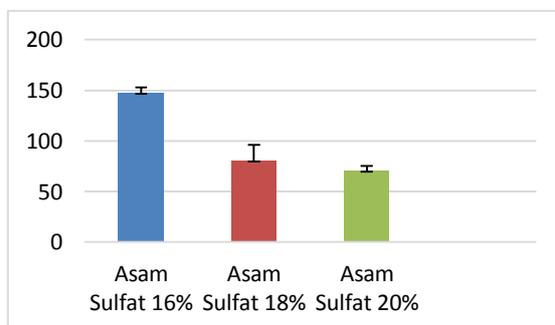
Pengujian foto struktur mikro ini untuk mengetahui seberapa besar ketebalan lapisan oksida 3 spesimen aluminium 1XXX setelah proses *anodizing* dan *dyeing* dengan 3 variasi konsentrasi larutan *anodizing* yang telah di lakukansebelumnya. Pengujian ini dilakukan dengan pembesaran 200 kali, dimana ada 10 strip dan setiap strip mempunyai nilai  $20\ \mu\text{m}$ . Adapun hasil pengamatan ketebalan lapisan yang terbentuk pada spesimen dilakukan dengan metode pembuatan cetakan yang terbentuk dari resin, agar memudahkan pada saat foto makro.



**Gambar 6.** Foto mikro variasi konsentrasi *anodiz* 16%, (1). Setelah proses *anodizing*, (2). Setelah proses *anodizing* dan *dyeing*, (a). Resin, (b). Raw material, (c). Ketebalan lapisan oksida.



**Gambar 7.** Grafik hubungan antara konsentrasi larutan *Anodiz* dengan ketebalan lapisan oksida ( $\mu\text{m}$ ) setelah proses *anodizing*



**Gambar 8.** Grafik hubungan antara konsentrasi larutan *Anodiz* dengan ketebalan lapisan oksida ( $\mu\text{m}$ ) setelah proses *dyeing*.

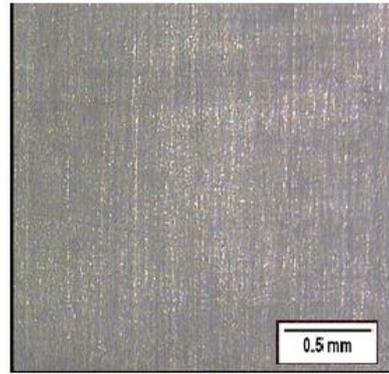
Dari grafik diatas menunjukkan pada variasi konsentrasi asam sulfat pada larutan *anodiz* 16%, 18%, dan 20% setelah proses *anodizing* menghasilkan ketebalan lapisan oksida pada permukaan aluminium sebesar  $170.5\ \mu\text{m}$ ,  $54\ \mu\text{m}$ ,  $50.5\ \mu\text{m}$  secara berurutan. Sedangkan pada variasi konsentrasi asam sulfat yang sama setelah proses *anodizing* dan *dyeing* menghasilkan nilai ketebalan lapisan oksida sebesar  $147.5\ \mu\text{m}$ ,  $80.5\ \mu\text{m}$ ,  $70.5\ \mu\text{m}$  secara berurutan. Dari hasil pengujian yang dijabarkan pada grafik diatas, maka dapat disimpulkan bahwa variasi

konsentrasi asam sulfat pada larutan anodiz dalam proses *anodizing* mempengaruhi ketebalan lapisan oksida dari aluminium seri 1XXX. Kemudian untuk ketebalan lapisan oksida tertinggi pada konsentrasi larutan 16% setelah proses *anodizing* sebesar  $170.5\mu\text{m}$ , sedangkan nilai ketebalan lapisan oksida yang paling kecil setelah proses *anodizing* pada konsentrasi larutan anodiz 20% adalah sebesar  $50.5\mu\text{m}$ . Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa variasi konsentrasi larutan anodiz pada proses *anodizing* sangat mempengaruhi ketebalan lapisan oksida yang terbentuk pada permukaan aluminium seri 1XXX.

Dari penelitian yang dilakukan Rohman (2012), didapatkan kesimpulan bahwa setiap penambahan konsentrasi elektrolit yang diberikan menyebabkan semakin tebalnya lapisan oksida yang terbentuk setelah proses *anodizing*. Dikarenakan semakin tinggi konsentrasi asam sulfat, hambatan yang terjadi pada larutan elektrolit semakin menurun. Hal ini mengakibatkan arus listrik yang mengalir lebih besar pada tegangan yang sama, akibatnya reaksi yang terjadi semakin cepat, maka didapat tebal lapisan yang semakin meningkat. Sementara hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Sulistijono (2016), didapatkan bahwa variasi konsentrasi larutan elektrolit yang diberikan pada proses *anodizing* memiliki suatu besaran yang optimum, dimana pada konsentrasi 10% terbentuk ketebalan lapisan oksida yang maksimum sementara pada konsentrasi 20% ketebalan lapisan oksida yang terbentuk justru semakin berkurang.

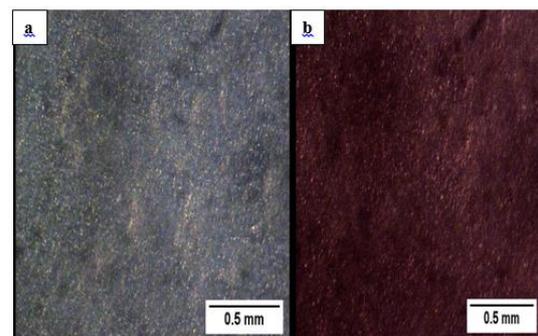
## 2. Hasil Pengujian Struktur Makro Permukaan

Pengujian foto struktur makro ini ditujukan untuk mengetahui struktur permukaan aluminium 1XXX setelah proses *anodizing* dan *dyeing*. Berikut adalah hasil pengujian foto makro struktur permukaan *raw* material, spesimen setelah proses *anodizing* dan *dyeing*.



**Gambar 9.** Foto makro *raw* material

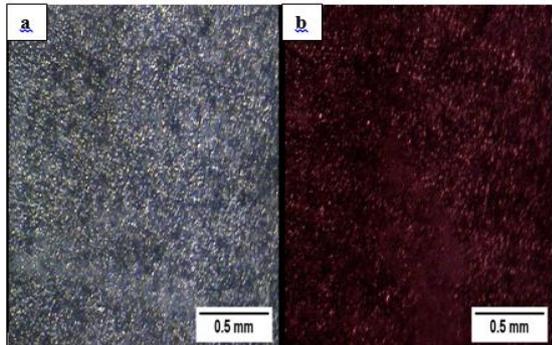
Gambar 4.6 menunjukkan hasil pengujian foto makro *raw* material, maka dapat disimpulkan bahwa struktur permukaan *raw* material belum terbentuk lapisan oksida dan masih terlihat permukaan aluminium yang belum dilakukan perlakuan dan proses *anodizing*. Berikut adalah hasil pengujian foto makro struktur permukaan pada konsentrasi asam sulfat pada larutan anodiz 16%, 18%, dan 20%.



**Gambar 10.** Foto makro variasi konsentrasi larutan anodiz 16% asam sulfat, (a). Setelah proses *anodizing*, (b). Setelah proses *anodizing* dan *dyeing*

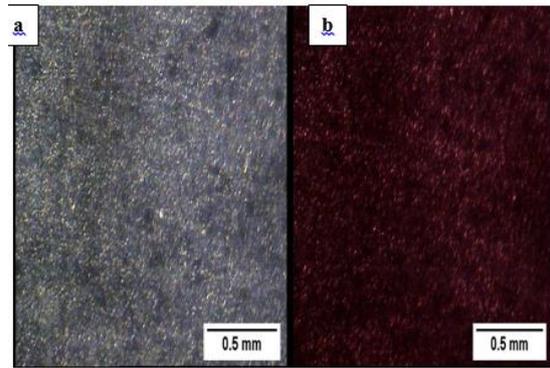
Gambar 9 menunjukkan hasil pengujian foto makro dari permukaan aluminium yang telah di *anodizing*, dari gambar di atas dapat di analisis bahwa pada Gambar 9 (a) setelah proses *anodizing* pori-pori aluminium terbuka namun masih kurang homogen, sebagian juga terlihat pori-pori yang besar, serta beberapa bulatan-bulatan kecil yang disebabkan ketidakmurnian asam sulfat pada konsentrasi 16%. Sedangkan pada Gambar 9 (b) setelah proses *anodizing* dan *dyeing*, pori-pori aluminium sudah mulai tertutup secara merata, akan tetapi dari tampilan visual permukaannya masih terlihat kasar pada beberapa bagian, hal itu disebabkan karena larutan asam sulfat yang digunakan bukan asam sulfat murni

sehingga terdapat zat-zat pengotor yang menyebabkan pori-pori yang terbentuk ukurannya tidak merata, maka menyebabkan pada proses *dyeing*, larutan pewarna yang masuk pori-pori aluminium kurang maksimum dan tidak merata.



**Gambar 11.** Foto makro variasi konsentrasi larutan anodiz 18% asam sulfat, (a). Setelah proses *anodizing*, (b). Setelah proses *anodizing* dan *dyeing*

Gambar 10 menunjukkan hasil pengujian foto makro dari permukaan aluminium yang telah di *anodizing*, dari gambar di atas maka dapat disimpulkan bahwa pada Gambar 10 (a) setelah proses *anodizing* pori-pori aluminium mulai terbuka namun ukurannya masih kurang besar dan merata karena proses anodiz terhalang zat pengotor yang berasal dari asam sulfat yang tidak murni, sehingga pori-pori yang terbentuk pada bagian tertentu masih belum sempurna namun jika dibandingkan dengan variasi konsentrasi larutan asam sulfat pada *anodiz* di proses *anodizing* 16% pori yang terbentuk sudah lebih baik karena zat pengotor yang ada konsentrasinya lebih sedikit. Sedangkan pada Gambar 10 (b) setelah proses *anodizing* dan *dyeing*, pori-pori aluminium sudah tertutup, namun pada beberapa bagian terdapat pori yang belum terbuka karena pada proses *anodiz* bagian tersebut terhalang oleh zat pengotor, namun secara visual warna yang ada di permukaannya terlihat lebih halus dan lebih homogen dibandingkan dengan variasi konsentrasi 16%. Hal itu diduga karena pori-pori yang terbentuk lebih besar dan lebih merata, sehingga pada proses *dyeing*, larutan pewarna yang masuk pada pori-pori aluminium lebih baik.



**Gambar 12.** Foto makro variasi konsentrasi larutan anodiz 20% asam sulfat, (a). Setelah proses *anodizing*, (b). Setelah proses *anodizing* dan *dyeing*

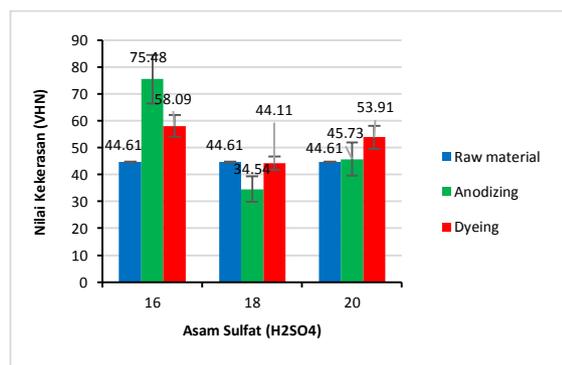
Gambar 11 menunjukkan hasil pengujian foto makro dari permukaan aluminium yang telah di *anodizing*, dari gambar di atas maka dapat disimpulkan bahwa pada Gambar 11 (a) setelah proses *anodizing* pori-pori aluminium yang terbentuk sudah sangat baik karena lebih homogen daripada konsentrasi larutan asam sulfat 16% dan 18%. Sedangkan pada Gambar 11 (b) setelah proses *anodizing* dan *dyeing*, pori-pori aluminium sudah tertutup oleh larutan pewarna dan larutan *sealing*. Secara visual permukaannya terlihat lebih halus dan sangat pekat jika di dibandingkan pada konsentrasi 16% dan 18%, namun hasil dari proses *dyeing* terlihat lebih tipis dibandingkan dengan variasi konsentrasi 16% dan 18%. Hal itu disebabkan karena pori-pori yang terbentuk pada permukaan aluminium sudah mulai terlarut oleh larutan *anodiz* yang lebih keras, sehingga pada proses *dyeing*, cairan warna yang masuk pada pori-pori aluminium lebih tipis karena kedalaman pori-pori yang ada lebih kecil dibandingkan dengan pori-pori yang terdapat pada konsentrasi 16% dan 18%.

Dari pengamatan yang telah dilakukan secara visual oleh Rohman (2012) didapatkan bahwa hasil *anodizing* dengan menggunakan variasi konsentrasi elektrolit asam sulfat, didapatkan hasil sampel dengan lapisan oksida terlihat cenderung lebih pekat dan merata warna merah pada permukaan lapisan aluminium oksida seiring dengan bertambahnya konsentrasi asam sulfat pada larutan elektrolit sehingga lapisan yang terbentuk menjadikan warna merah pekat kecoklatan dan terlihat lebih mengkilap dari pada hasil percobaan *anodizing* sebelumnya

Sementara pada pengamatan yang dilakukan oleh Sulistijono (2006), menyatakan bahwa kualitas pewarnaan akan semakin baik dengan semakin tebalnya lapisan oksida yang ada. Itu karena dengan semakin baiknya pori yang ada pada permukaan akan memudahkan penyerapan larutan pewarna, sedangkan jika tekstur pori yang terbentuk kurang memadai maka akan mengurangi daya serap pewarna yang ada.

### 3. Hasil Pengujian Kekerasan (*Vickers*) Pada Permukaan Aluminium

Pengujian kekerasan permukaan bertujuan untuk membandingkan nilai kekerasan permukaan *raw material*, ketebalan lapisan oksida setelah *anodizing* dan *dyeing* pada aluminium 1XXX. Pengujian ini dilakukan menggunakan metode *Vickers Micro Hardness (VHN)* dengan pembebanan 50 gf. Hasil dari pengujian tersebut kemudian di hitung untuk mengetahui tingkat kekerasan pada permukaan aluminium seri 1XXX yang sudah di *anodizing* dengan variasi asam sulfat pada larutan *anodiz*.



**Gambar 13** Grafik perbandingan antara nilai kekerasan (VHN) rata-rata dengan konsentrasi asam sulfat pada larutan *anodiz* setelah proses *anodizing* dan *dyeing*.

Grafik 13 menunjukkan pada variasi konsentrasi asam sulfat larutan *anodiz* pada proses *anodizing* dengan konsentrasi 16%, 18%, dan 20% setelah proses *anodizing* menghasilkan kekerasan rata-rata sebesar 75,48, 34,54, dan 45,73 VHN secara berurutan. Sedangkan pada variasi konsentrasi yang sama setelah proses *anodizing* dan *dyeing* menghasilkan nilai kekerasan rata-rata sebesar 58,09, 44,11, dan 53,91 VHN secara berurutan. Dari hasil pengujian yang dijabarkan pada grafik diatas, maka dapat disimpulkan bahwa konsentrasi asam sulfat larutan *anodiz* pada proses *anodizing* mempengaruhi nilai kekerasan permukaan dari

aluminium seri 1XXX. Kemudian untuk nilai kekerasan tertinggi pada konsentrasi asam sulfat 16% setelah proses *anodizing* sebesar 93,42 VHN, sedangkan nilai kekerasan tertinggi setelah proses *anodizing* dan *dyeing* pada konsentrasi larutan yang sama yaitu sebesar 67,71 VHN. Hasil pengujian tersebut sesuai dengan penelitian sebelumnya yang telah di lakukan oleh Rohman (2012) dengan variasi konsentrasi larutan asam sulfat 10, 15, 20 dan 25%, bahwa pengaruh variasi konsentrasi elektrolit asam sulfat yang digunakan dalam proses *anodizing*, mempengaruhi kekerasan material dengan kekerasan tertinggi di dapat pada konsentrasi 10% sebesar 100,2± (VHN) dan kekerasan terendah berada pada konsentrasi 25% dengan 95,5± (VHN). Hal ini berhubungan dengan ketebalan lapisan yang terbentuk pada penambahan konsentrasi asam sulfat, karena semakin tebal lapisan yang dihasilkan mempunyai struktur poros yang tinggi, sehingga mengalami penurunan kekerasan terhadap lapisan yang terbentuk. Sementara pada penelitian *anodizing* dengan variasi konsentrasi asam sulfat sebesar 15%, 20%, dan 25% yang dilakukan oleh Sidharta (2014), di dapatkan kesimpulan bahwa semakin tingginya konsentrasi asam sulfat yang di gunakan maka akan semakin menurunkan tingkat kekerasan dari logam aluminium ADC12, dan konsentrasi yang terbaik terdapat pada konsentrasi 15% Vol karena dapat meningkatkan kekerasan material dari 155 (VHN) menjadi 190 (VHN).

### KESIMPULAN

Dari penelitian, analisa dan pembahasan data yang telah dilakukan pada pengaruh variasi konsentrasi asam sulfat larutan anodiz pada proses anodizing kemudian dilakukan beberapa pengujian, yaitu pengujian foto struktur mikro dan struktur makro dan pengujian kekerasan mikro vickers, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Semakin tinggi elektrolit yang digunakan belum tentu meningkatkan ketebalan lapisan oksida dan kekerasan Aluminium 1XXX.
2. Foto struktur mikro yang menunjukkan ketebal lapisan oksida dengan variasi konsentrasi 16%, 18%, dan 20% asam sulfat memiliki suatu besaran yang optimum, konsentrasi yang paling optimum adalah 16% dengan ketebalan lapisan oksida sebesar 170,5 µm. Sedangkan larutan *anodiz* konsentrasi 20% tidak mampu

- menghantarkan elektron dengan baik sehingga akan menghasilkan lapisan oksida sebesar 50,5  $\mu\text{m}$  pada waktu pencelupan yang sama.
3. Pada pengujian foto pada konsentrasi 20% permukaan yang di hasilkan terlihat lebih halus dan lebih cerah dibandingkan variasi konsentrasi asam sulfat 16% dan 18% disebabkan pada konsentrasi 20% pori yang terbentuk sudah mulai terlarut oleh larutan elektrolit akibat tingginya konsentrasi asam sulfat yang digunakan sehingga pewarna yang terserap oleh permukaan aluminium lebih sedikit.
  4. Pada pengujian kekerasan didapatkan kekerasan tertinggi pada proses anodizing 16% asam sulfat yaitu sebesar 75,48 VHN dan nilai kekerasan permukaan sealing sebesar 58,09 VHN. Dari pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa konsentrasi elektrolit pada larutan anodiz memiliki titik optimum tertentu namun pada penelitian ini, titik optimum didapatkan pada konsentrasi 16%, jika konsentrasi asam sulfat kurang atau lebih dari 16% maka akan menurunkan nilai kekerasan permukaan dari spesimen aluminium 1XXX yang di-anodizing dan di sealing.

Tidak diterbitkan. Departemen Teknik Metalurgi Dan Material, Universitas Indonesia.

Sulistijono., (2006), Pengaruh Densitas Arus Dan Konsentrasi Asam Sulfat Terhadap Ketebalan Dan Kualitas Pewarna Lapisan Oksida Pada Anodizing Aluminium. Jurnal. Jurnal Teknik Mesin. Jurusan Teknik Material FTI-ITS.

Yerokhin, A., Khan, R. H. U., (2010), Anodizing of Light Alloys. Woodhead Publishing Limited. Surface engineering of light alloys. University of Sheffield, UK, and University of Birmingham, UK.

## DAFTAR PUSTAKA

- Febriyanti, E., (2011), Optimasi Proses Pelapisan Anodasi Kerasi Pada Paduan Aluminium. Jurnal. Majalah Metalurgi. Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur (B2TKS).
- Gazapo, J. L., J. Gea, (2009), TALAT Lecture 5203: ANODIZING of ALUMINIUM. Lecture. Training in Aluminium Application Technologies (TALAT). European Aluminium Association (EAA).
- Juhl, A. D., (2005), Pulse anodising of aluminium. Jurnal, Surface Treatment. Aluminium International *Today*.
- Rohman, A. K., (2012), Pengaruh Variasi Konsentrasi Elektrolit Terhadap Kekerasan Permukaan Pada Proses Anodizing Aluminium 6xxx. Skripsi. Tidak diterbitkan. Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
- Sipayung, S. P. P., (2008), Pengaruh Penambahan Konsentrasi Asam Sulfat Pada Larutan Elektrolit Asam Oksalat 0,5 M Terhadap Ketebalan Lapisan Oksida Hasil Anodisasi Aluminium Foil. Skripsi.