

PENGARUH VARIASI ARUS LISTRIK TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK HASIL PROSES ANODIZING PADA ALUMINIUM SERI 1XXX

Arfiska Yuda Prastya

Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Lingkar Barat, Tamantirto, Kasihan, Bantul 55183
Email: Arfiskayudap15@gmail.com

Abstrak

Anodizing adalah proses mengkorosikan suatu logam terutama aluminium dengan oksigen (O_2) yang diambil dari larutan elektrolit asam sulfat (H_2SO_4) yang digunakan sebagai media, sehingga membentuk lapisan oksida. Aluminium seri 1XXX merupakan aluminium yang mempunyai komposisi paduan Si, Fe, Cu, Mn, Mg, Zn, Ti yang rendah dan pada umumnya mempunyai kemurnian sebesar 99.0 %. Plat aluminium seri 1XXX dengan ukuran 50 mm x 30 mm x 2.8 mm diampas secara bertahap menggunakan ampas seri P1000, P2000, dan C5000, kemudian dilakukan proses cleaning, etching, desmut, anodizing, dyeing, sealing, dan dilakukan proses rinsing pada setiap prosesnya. Proses anodizing dilakukan menggunakan larutan asam sulfat 40 %, tegangan listrik 18 Volt, suhunya tercatat 35°C sampai 55°C, waktu pencelupan 10 menit, dan variasi kuat arus 1 Ampere, 2 Ampere, 3 Ampere. Sedangkan proses dyeing menggunakan larutan warna 20 gram/liter. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian foto mikro ketebalan lapisan oksida, kecerahan warna, foto struktur makro, dan kekerasan vickers permukaan. Hasil penelitian menunjukkan ketebalan lapisan yang paling tinggi yaitu setelah proses anodizing maupun dyeing sebesar 80 μm dan 120 μm , kecerahan warna (RGB) yang paling tinggi yaitu sebesar R 35.66 %, G 181.33 %, B 63 %, struktur makro terbentuknya pori lapisan oksida yang paling homogen yaitu pada kuat arus 3 Ampere, dan kekerasan Vickers yang paling tinggi yaitu sebesar 52.1 VHN. Sehingga, kuat arus listrik berpengaruh terhadap ketebalan lapisan oksida, dimana akan berpengaruh terhadap kecerahan warna (RGB), struktur makro, kekerasan Vickers.

Kata kunci: Sifat Fisik dan Mekanik, Proses Anodizing Aluminium, Variasi Arus Listrik, Aluminium 1XXX.

1. Pendahuluan

Proses *anodizing* adalah proses pembentukan lapisan oksida pada logam dengan cara mengkorosikan suatu logam terutama aluminium dengan oksigen (O_2) yang diambil dari larutan elektrolit asam sulfat (H_2SO_4) yang digunakan sebagai media, sehingga membentuk lapisan oksida (Santhiarsa, 2009). Kelebihan dari proses *anodizing* yaitu dapat menghasilkan lapisan oksida yang memiliki nilai kekerasan lebih tinggi dibandingkan dengan logam induknya.

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi proses *anodizing*, salah satunya adalah kuat arus listrik. Hasil dari penelitian yang dilakukan oleh Wu Xiaohong dalam Priyanto, (2012) menunjukkan bahwa proses *anodizing* pada aluminium LY12 dengan kuat arus 3 Ampere menghasilkan ketebalan lapisan oksida tertinggi sebesar 15.3 μm . Kemudian hasil penelitian dari Santhiarsa, (2009) menunjukkan bahwa proses *anodizing* pada

aluminium 2024-T3 dengan kuat arus 3 Ampere juga menghasilkan kekerasan rata-rata dan ketebalan lapisan tertinggi sebesar 112.23 VHN dan 4.16 μm . Hasil penelitian lain yang dilakukan oleh Priyanto, (2012) menunjukkan bahwa proses *anodizing* pada aluminium 5XXX dengan kuat arus 1 Ampere menghasilkan kekerasan rata-rata permukaan tertinggi sebesar 66.1 VHN. Sedangkan dengan kuat arus listrik 3 Ampere menghasilkan ketebalan lapisan oksida tertinggi sebesar 70 μm . Dari hasil penelitian yang dilakukan tersebut, menunjukkan bahwa hasil dari pengaruh kuat arus listrik terhadap ketebalan lapisan oksida dan kekerasan rata-rata permukaan aluminium berbeda-beda. Hal itu diduga karena komposisi paduan aluminiumnya tidak sama, yang kemungkinan besar berpengaruh terhadap perbedaan hasil penelitian tersebut.

Aluminium seri 1XXX merupakan aluminium yang mempunyai komposisi paduan Si, Fe, Cu, Mn, Mg, Zn, Ti yang rendah dan

pada umumnya mempunyai kemurnian sebesar 99.0 %. Dengan kekerasannya yang rendah aluminium ini mempunyai ketahanan korosi yang tinggi. Dengan proses *anodizing* ini diharapkan karakteristik lapisan oksida yang dihasilkan pada permukaan aluminium seri 1XXX akan meningkat.

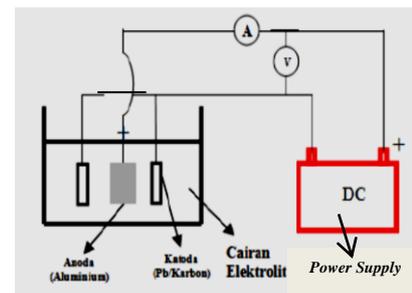
2. Dasar Teori

Anodizing merupakan proses anodisasi adalah proses pembentukan lapisan oksida pada logam dengan cara bereaksikan atau mengkorosikan suatu logam terutama aluminium dengan oksigen (O₂) yang diambil dari larutan elektrolit yang digunakan sebagai media, sehingga terbentuk lapisan oksida. Proses ini juga disebut sebagai *anodic oxidation* yang prinsipnya hampir sama dengan proses pelapisan dengan cara listrik (*elektroplating*), tetapi bedanya logam yang akan dioksidasi ditempatkan sebagai anoda didalam larutan elektrolit. Perbedaan lain larutan elektrolit yang digunakan bersifat asam dengan penyearah arus (DC) bertipe dan ampere tinggi.

Pada proses *anodizing* terdapat 3 tipe *anodizing* yang paling umum digunakan antara lain :

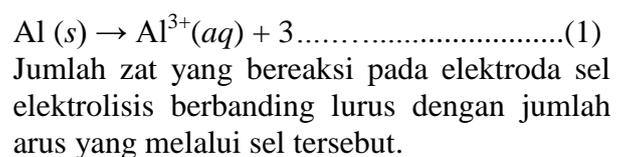
1. *Chromic Acid Anodizing* (CAA)
Tipe ini menggunakan larutan elektrolit *chromic acid* dan menghasilkan lapisan yang paling tipis, hanya sekitar 0,5 hingga 2,5 mikron.
2. *Sulfuric Acid Anodizing* (SAA)
Tipe ini adalah yang paling umum dilakukan yaitu dengan menggunakan larutan *sulfuric acid* sebagai elektrolit dengan kemampuan menghasilkan lapisan protektif hingga 25 mikron.
3. *Hard Coating Anodizing* (HCA)
Menggunakan larutan elektrolit yang sama dengan (SAA) namun dengan konsentrasi elektrolit yang lebih tinggi pada temperatur yang lebih rendah. Lapisan yang dihasilkan lebih tangguh, memiliki ketahanan abrasi yang baik, ketahanan korosi, anti pudar, tahan terhadap suhu tinggi, dan memiliki kekerasan yang baik. Lapisan mencapai ketebalan 75 mikron sehingga juga dapat menjadi insulator (penyekat) listrik yang baik.

Klasifikasi Anodizing



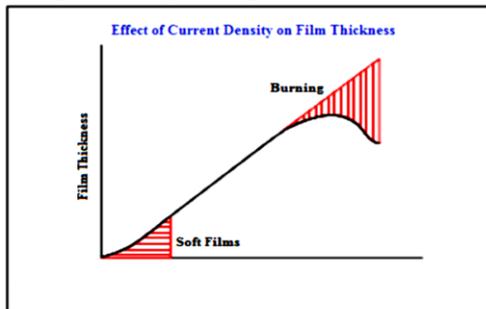
Gambar 1 Rangkaian proses *anodic oxidation* (Priyanto, 2012)

1. Elektroda
Elektroda adalah sebuah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan bagian sebuah non-logam dari sebuah sirkuit. Pada percobaan *anodizing* digunakan elektron aluminium sebagai anoda dan katodanya adalah logam timbal (Pb). Elektron dalam sebuah sel elektrolisis ditunjuk sebagai anoda atau sebuah katoda. Anoda didefinisikan sebagai elektroda dimana elektron memasuki sel dan reduksi terjadi.
2. Elektrolit
Elektrolit sering diklasifikasikan berdasarkan kemampuannya dalam menghantarkan arus listrik. Elektrolit yang dapat menghantarkan dengan baik digolongkan kedalam elektrolit kuat, contohnya yaitu asam klorida (HCl), asam sulfat (H₂SO₄), dan asam nitrat (HNO₃). Selain elektrolit kuat, ada pula golongan elektrolit lemah seperti asam cuka encer (CH₃CO₂H), aluminium hidroksida, kalium karbonat (CaCO₃).
3. Elektrolisa
Elektrolisa benda kerja yang berupa aluminium pada proses *anodizing* berlaku sebagai anoda dengan dihubungkan pada kutub positif catu daya. Logam aluminium akan berubah menjadi ion aluminium yang larut dalam larutan asam sesuai dengan rumus (1) berikut :



Rapat Arus

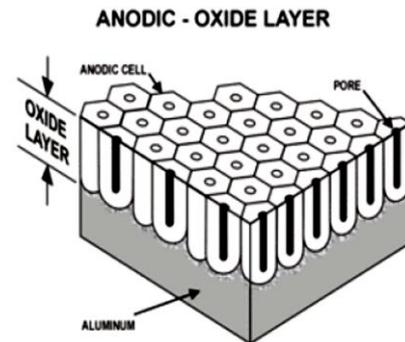
Adapun penggunaan rapat arus yang lebih tinggi diaplikasikan untuk mengimbangi proses *anodizing* yang menggunakan elektrolit pekat. Pada rapat arus yang sangat tinggi, cenderung akan terjadi *burning* (gosong), hal ini merupakan pengembangan dari aliran rapat arus yang berlebihan pada area tertentu sehingga terjadi pemanasan lokal pada area tersebut. Grafik rapat arus terhadap ketebalan lapisan oksida dapat ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Grafik rapat arus terhadap ketebalan lapisan oksida (Hutasoit, 2008)

Pembentukan Lapisan Oksida

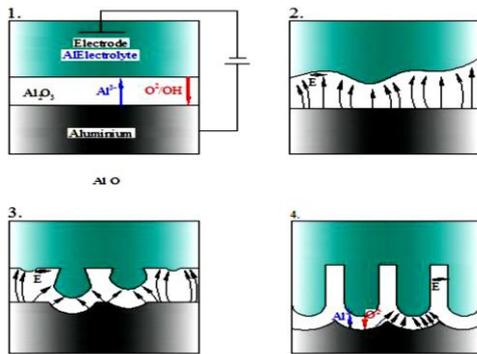
Secara umum lapisan oksida hasil dari proses anodisasi memiliki karakteristik yang keras, aluminium (Al_2O_3) memiliki kekerasan sebanding dengan *sapphire*, insulatif dan tahan terhadap beban, transparan, tidak ada serpihan. Lapisan oksida yang terbentuk dari proses ini akan meningkatkan ketahanan *abrasive*, kemampuan insulator elektrik logam, serta kemampuan untuk menyerap zat pewarna untuk menghasilkan variasi tampilan warna pada permukaan hasil *anodizing*. Aluminium serta paduan-paduannya mempunyai sifat tahan terhadap korosi karena adanya lapisan oksida protektif. Tebal dari lapisan oksida sekitar 0,005-0,01 μm , atau $0,1-0,4 \times 10^{-6}$ inch atau $0,25-1 \times 10^{-2}$ mikron. Struktur lapisan aluminium oksida ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Struktur lapisan aluminium oksida (Hutasoit, 2008)

Proses pembentukan lapisan oksida dapat dipelajari dengan memperhatikan dan mengamati perubahan arus pada tegangan anodisasi yang tetap atau perubahan tegangan pada arus tetap. Proses pembentukan lapisan oksida dapat dibagi dalam 4 tahapan, antara lain:

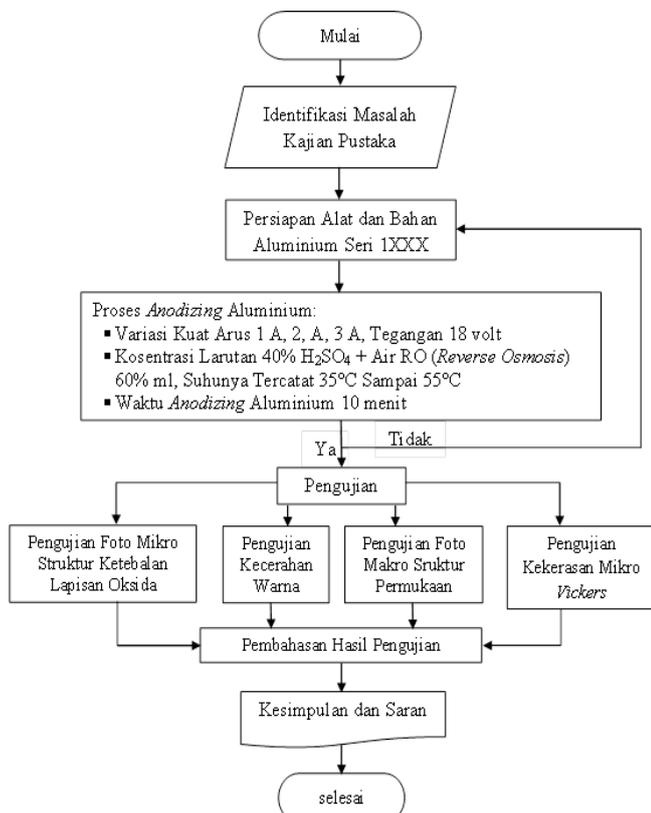
1. Penambahan *barrier layer* yang ditandai dengan penurunan arus yang mengalir. *Barrier layer* ini merupakan lapisan oksida aluminium yang menebal akibat adanya reaksi oksidasi pada permukaan logam. Akibat adanya penebalan maka hambatan yang ditimbulkan menjadi lebih besar. Hal itulah yang menimbulkan penurunan arus selama pembentukan *barrier layer*.
2. Setelah *barrier layer* menebal, mulai muncul 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 Tahapan pembentukan lapisan oksida,

1. Pembentukan *barrier layer*
2. Awal pembentukan pori-pori
3. Pori mulai terbentuk dan berkembang
4. Pori yang terbentuk semakin stabil (Sipayung, 2008)

3. Metode Penelitian



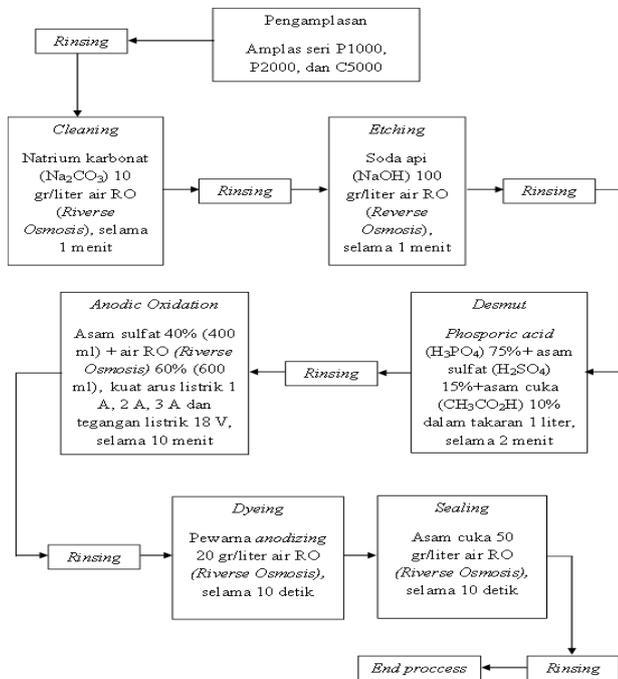
Gambar 5 Diagram Alir Penelitian

Tahapan Proses Anodizing

Adapun tahapan-tahapan dalam melakukan proses *anodizing* yang pertama dilakukan yaitu menyiapkan alat dan bahan disiapkan, memakai sarung tangan dan masker. Kemudian, plat Aluminium seri 1XXX ukuran 50 mm x 90 mm, dipotong menggunakan gergaji tangan menjadi tiga bagian dengan ukuran 50

mm x 30 mm. Setelah proses pemotongan bahan, melakukan pengamplasan secara manual dan bertahap dengan amplas seri P1000, P2000, dan C5000. Setelah dirasa cukup, lalu dibilas menggunakan air RO (*Reverse Osmosis*). Setelah proses pengamplasan selesai selanjutnya yaitu proses *cleaning*, larutan yang digunakan pada proses ini adalah natrium karbonat (Na_2CO_3) dengan konsentrasi (10 gr/liter) air RO (*Reverse Osmosis*), selama 1 menit dengan suhu ruangan bak plastik $\pm 30\text{-}35^\circ\text{C}$. Setelah proses ini selesai, spesimen *dirinsing* menggunakan air RO (*Reverse Osmosis*). Selanjutnya adalah proses *etching*, menggunakan larutan soda api (NaOH) dengan konsentrasi (100 gr/liter) air RO (*Reverse Osmosis*), selama 1 menit dengan suhu ruangan bak plastik $\pm 30\text{-}35^\circ\text{C}$. Setelah proses ini selesai, spesimen *dirinsing* menggunakan air RO (*Reverse Osmosis*). Kemudian, proses *desmut* menggunakan larutan campuran *phosphoric acid* (H_3PO_4) 75% dan asam sulfat (H_2SO_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 RO (*Reverse Osmosis*). Setelah proses *desmut* selesai, selanjutnya proses *anodizing* atau *anodic oxidation*, dilakukan menggunakan variasi arus listrik 1 Ampere, 2 Ampere dan 3 Ampere, tegangan listrik 18 Volt, dan larutan 400 ml asam sulfat (H_2SO_4) dan 600 ml air RO (*Reverse Osmosis*), selama 10 menit dengan suhu minimum 35°C dan maksimum 55°C . Kemudian, spesimen *dirinsing* menggunakan air RO (*Reverse Osmosis*). 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 RO (*Reverse Osmosis*) selama ± 10 menit, dengan suhu ruangan bak plastik pewarna (*Dyeing*) $\pm 30\text{-}35^\circ\text{C}$. 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 RO (*Reverse Osmosis*), selama ± 10 detik, dan menggunakan suhu ruangan bak plastik larutan *sealing* $\pm 30-35^{\circ}\text{C}$. Kemudian, spesimen *dirinsing* menggunakan air RO (*Reverse Osmosis*).



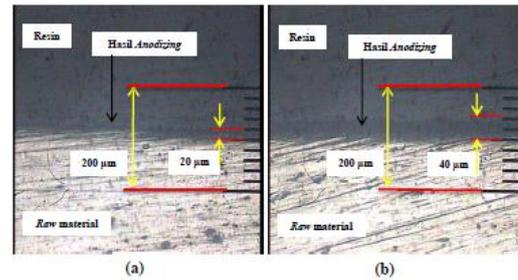
Gambar 6 Bagan Proses Anodizing

4. Hasil dan Pembahasan

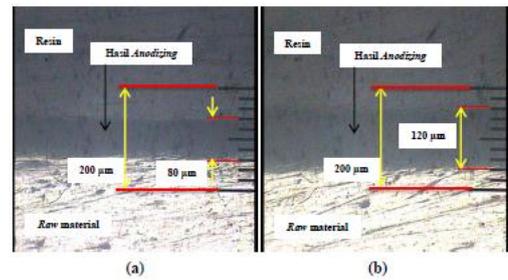
Setelah dilakukan pengujian, maka diperoleh data-data pengujian. Kemudian data-data tersebut dijabarkan melalui beberapa sub-sub pembahasan dari masing-masing jenis pengujian.

Hasil Pengujian Foto Struktur Mikro

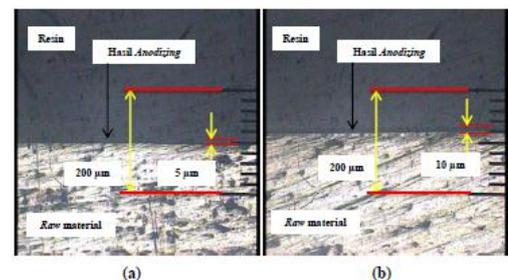
Pengujian foto struktur mikro ini ditujukan untuk mengetahui seberapa besar ketebalan lapisan oksida aluminium 1XXX setelah proses *anodizing* dan *dyeing*. Pengujian ini dilakukan dengan pembesaran 200 kali, dimana ada 10 strip dan setiap strip mempunyai nilai $20\ \mu\text{m}$.



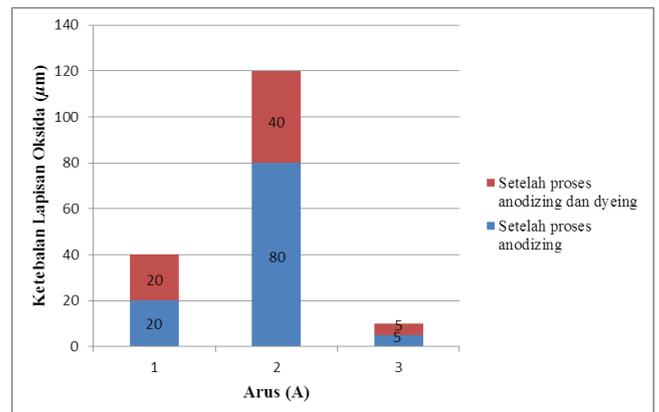
Gambar 7 Foto mikro variasi kuat arus 1 Ampere, (a). Setelah proses *anodizing*, (b). Setelah proses *dyeing*



Gambar 8 Foto mikro variasi kuat arus 2 Ampere, (a). Setelah proses *anodizing*, (b). Setelah proses *dyeing*



Gambar 9 Foto mikro variasi kuat arus 3 Ampere, (a). Setelah proses *anodizing*, (b). Setelah proses *dyeing*



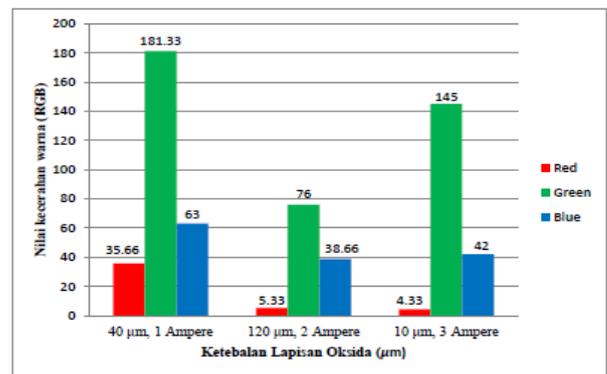
Gambar 10 Grafik hubungan antara Ampere (I) dengan ketebalan lapisan oksida (μm) setelah proses *anodizing* dan *dyeing*

Gambar 10 diatas menunjukkan pada variasi kuat arus 1 Ampere, 2 Ampere, dan 3 Ampere setelah proses *anodizing*, menghasilkan ketebalan lapisan oksida sebesar 20 μm , 80 μm , 5 μm secara berurutan. Maupun setelah proses *dyeing*, ketebalan lapisan oksida meningkat sebesar 20 μm , 40 μm , 5 μm secara berurutan. Ketebalan lapisan oksida tertinggi setelah proses *anodizing* pada kuat arus 2 Ampere sebesar 80 μm , paling rendah terdapat pada kuat arus 3 Ampere sebesar 5 μm . Sedangkan setelah proses *dyeing*, ketebalan lapisan oksida tertinggi pada kuat arus 2 Ampere sebesar 40 μm , paling rendah terdapat pada kuat arus 3 Ampere sebesar 5 μm . Priyanto, A., (2012) Semakin besar kuat arus yang digunakan, maka ketebalan lapisan oksida akan semakin meningkat. Santhiarsa, N.N., (2009) jika pori-pori lapisan aluminium oksida yang terbentuk makin banyak dan rapat sejalan dengan naiknya arus listrik sehingga ketebalan lapisanpun semakin meningkat. Sehingga, terbukti pada kuat arus 2 Ampere mengalami peningkatan ketebalan lapisan oksida dibandingkan dengan kuat arus 1 Ampere.

Kemudian untuk kuat arus 3 Ampere mengalami penurunan ketebalan lapisan oksida. Sehingga, ketebalan lapisan oksida mengalami fluktuasi, hal itu diduga disebabkan oleh perpindahan ion-ion elektrolit yang kurang baik. Selain itu juga disebabkan oleh adanya perbedaan temperatur elektrolit, seperti pernyataan dari Purnama, D. dkk, (2012) juga menyebutkan bahwa semakin meningkatnya temperatur, akibatnya akan menurunkan ketebalan lapisan oksida yang terbentuk. Hal itu terjadi karena temperatur meningkatkan kemampuan larutan elektrolit untuk melarutkan lapisan oksida. Dari analisa diatas, maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar kuat arus listrik, maka ketebalan lapisan oksida mencapai titik maksimum pada kuat arus 2 Ampere, kemudian menurun sejalan dengan naiknya temperatur.

Hasil Pengujian Visual

Berdasarkan pengujian kecerahan warna (RGB) menggunakan *adobe photoshop CS5* dengan penambahan *brightness* 100%, diperoleh data sebagaimana Gambar 11 dibawah ini.



Gambar 11 Grafik hubungan antara ketebalan lapisan oksida (μm) dengan nilai kecerahan warna (RGB)

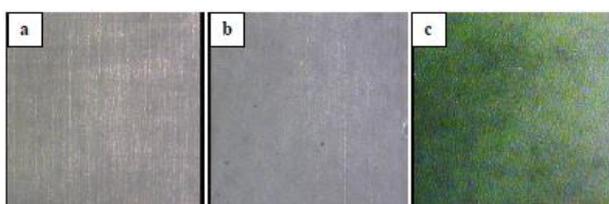
Gambar 11 diatas menunjukkan pada ketebalan lapisan oksida 40 μm , kuat arus 1 Ampere setelah proses *anodizing* dan *dyeing*, menghasilkan angka kecerahan warna (RGB) sebesar R 35.66 %, G 181.33 %, B 63 %, untuk ketebalan lapisan oksida 120 μm , kuat arus 2 Ampere sebesar R 5.33 %, G 76 %, B 38.66 %, sedangkan pada ketebalan lapisan oksida 10 μm , kuat arus 3 Ampere sebesar R 4.33 %, G 145 %, B 42 %, secara berurutan. Grafik 4.6 juga menjelaskan bahwa komposisi warna yang mendominasi adalah warna *green* dan *blue*, hal itu diduga disebabkan oleh pori-pori ketebalan lapisan oksida yang terbentuk setelah proses *anodizing* dan *dyeing* mengakibatkan kecerahan warna (RGB) menjadi buram. Sehingga komposisi warna yang mendominasi yaitu *green* dan *blue*.

Kemudian, untuk kecerahan warna (RGB) tertinggi pada kuat arus 1 Ampere sebesar R 35.66 %, G 181.33 %, B 63 %. Hal itu diduga disebabkan oleh pori-pori pada lapisan oksida yang kecil dan homogen, sehingga cairan warna yang masuk pada lapisan oksida sedikit, akibatnya kecerahan warna pada kuat arus 1 Ampere adalah yang paling tinggi dibandingkan dengan kuat arus 2 Ampere dan 3 Ampere. Seperti pernyataan Santhiarsa, N.N., (2010) menyebutkan bahwa peningkatan ketebalan lapisan oksida menyebabkan lapisan oksida yang semakin tebal dan tidak rata, sehingga menyebabkan tingkat kecerahan yang rendah (buram). Hanggara, A.D., dkk, (2010) juga menyebutkan bahwa faktor utama yang mempengaruhi kecerahan warna adalah waktu tunggu dari proses *anodizing* ke proses

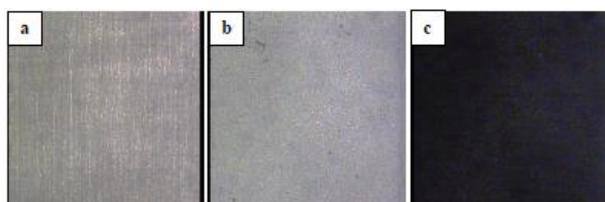
pewarnaan yang relatif lama (tidak langsung), selain itu faktor waktu proses pencelupan juga mempengaruhi hasil pewarnaan. Dari analisa diatas, maka dapat disimpulkan bahwa ukuran dan bentuk pori-pori lapisan oksida, ketebalan lapisan oksida, dan waktu tunggu dari proses *anodizing* ke proses *dyeing* yang relatif lama akan mempengaruhi kecerahan warna (RGB).

Hasil Pengujian Foto Struktur Makro Permukaan

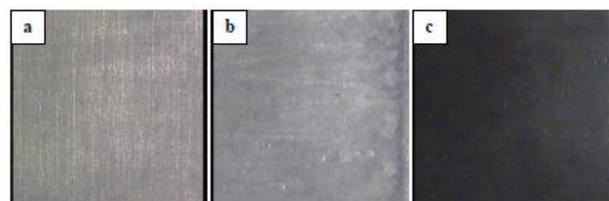
Berdasarkan pengujian foto struktur makro yang dilakukan dengan pembesaran 50 kali, diperoleh data sebagai berikut.



Gambar 12 Foto makro variasi kuat arus 1 Ampere, (a). Raw material, (b). Setelah proses *anodizing*, (c). Setelah proses *dyeing*.



Gambar 13 Foto makro variasi kuat arus 2 Ampere, (a). Raw material, (b). Setelah proses *anodizing*, (c). Setelah proses *dyeing*.



Gambar 14 Foto makro variasi kuat arus 3 Ampere, (a). Raw material, (b). Setelah proses *anodizing*, (c). Setelah proses *dyeing*.

Gambar 12 (a), Gambar 13 (a), Gambar 14 (a) menunjukkan hasil yang sama pengujian foto makro *raw material*, bahwa struktur permukaan *raw material* belum terbentuk lapisan oksida dan masih terlihat struktur murni dari logam aluminium itu sendiri. Sedangkan Gambar 12 (b) menunjukkan hasil pengujian

foto makro setelah proses *anodizing* masih terlihat goresan bekas proses pengamplasan dan pori-pori aluminium yang terbentuk terlihat kecil, akan tetapi masih kurang homogen. Hal itu diduga disebabkan oleh posisi tangan dari proses pengamplasan yang tidak rata, penyebab lainnya yaitu karena perpindahan ion-ion elektrolit yang kurang baik. Pada Gambar 12 (c) setelah proses *dyeing*, pori-pori aluminium sudah tertutup, secara visual permukaannya masih terlihat kasar, akan tetapi warna yang dihasilkan terang. Hal itu diduga karena pori-pori yang terbentuk kecil, akibatnya pada proses *dyeing* cairan warna yang masuk pada pori-pori aluminium sedikit.

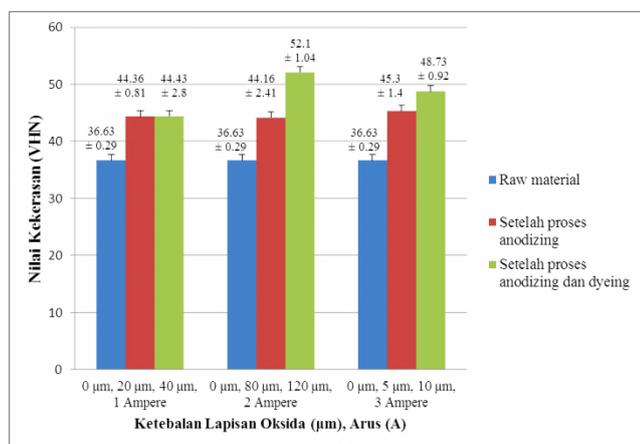
Gambar 13 (b) menunjukkan hasil pengujian foto makro setelah proses *anodizing* pori-pori aluminium yang terbentuk lebih besar, lebih banyak, dan lebih homogen, dibandingkan dengan variasi kuat arus 1 Ampere. Hal itu diduga karena adanya arus dan energi yang berlebihan sehingga terjadi proses peluruhan kembali lapisan aluminium oksida ke dalam larutan elektrolit yang cukup besar, dan menyebabkan terbentuknya pori-pori pada lapisan aluminium oksida yang terlalu besar Nugroho, (2014). Sedangkan pada Gambar 13 (c) setelah proses *dyeing*, pori-pori aluminium sudah tertutup, tidak terlihat pori yang terlalu besar, dan secara visual permukaannya terlihat lebih halus dibandingkan dengan variasi kuat arus 1 Ampere. Namun, warna yang dihasilkan terlalu pekat. Hal itu diduga karena pori-pori yang terbentuk besar dan banyak, maka cairan warna yang masuk pada pori-pori aluminium lebih banyak dibandingkan pada variasi kuat arus 1 Ampere dan menyebabkan ketebalan lapisan oksida mengingkat.

Gambar 14 (b) menunjukkan hasil pengujian foto makro setelah proses *anodizing* pori-pori aluminium yang terbentuk kecil, banyak, dan sudah homogen dibandingkan dengan variasi kuat arus 1 Ampere dan 2 Ampere. Akan tetapi pada permukaannya terlihat ada bercak seperti terbakar. Hal itu diduga disebabkan oleh perpindahan ion-ion elektrolit yang kurang baik. Sedangkan pada Gambar 14 (c) setelah proses *dyeing*, pori-pori aluminium sudah tertutup. Secara visual permukaannya terlihat lebih halus, namun hasil dari proses *dyeing* terlihat lebih pekat dibandingkan dengan

variasi kuat arus 1 Ampere. Hal itu diduga disebabkan oleh bekas seperti terbakar yang terlihat pada permukaan setelah proses *anodizing*, sehingga cairan warna yang masuk pada pori-pori aluminium lebih banyak dan warna menjadi buram dibandingkan dengan variasi kuat arus 1 Ampere.

Hasil Pengujian Kekerasan/Vickers Permukaan

Pengujian kekerasan permukaan dilakukan menggunakan metode *Vickers Micro Hardness (VHN)* dengan pembebanan 25 gf. Dari hasil pengujian tersebut, diperoleh data seperti yang terlihat dibawah ini.



Gambar 15 Grafik hubungan antara ketebalan lapisan oksida (μm) / Ampere (I) dengan nilai kekerasan (VHN) setelah proses *anodizing* dan *dyeing*.

Gambar 15 diatas menunjukkan pada *raw material* menghasilkan kekerasan rata-rata sebesar 36.63 VHN, 36.63 VHN, 36.63 VHN secara berurutan. Pada variasi kuat arus 1 Ampere, 2 Ampere, dan 3 Ampere setelah proses *anodizing*, menghasilkan kekerasan rata-rata sebesar 44.36 VHN, 44.16 VHN, 45.3 VHN secara berurutan. Setelah proses *dyeing* pada variasi kuat arus yang sama menghasilkan kekerasan rata-rata sebesar 44.43 VHN, 52.1 VHN, 48.73 VHN secara berurutan. Nilai kekerasan rata-rata setelah *anodizing* dan *dyeing* mencapai titik maksimum pada kuat arus 3 Ampere dan 2 Ampere sebesar 45.3 VHN dan 52.1 VHN, sedangkan nilai kekerasan paling rendah pada kuat arus 2 Ampere dan 1 Ampere. Namun, kekerasan rata-rata mengalami fluktuasi.

Dari hasil analisa diatas, fluktuasi nilai kekerasan rata-rata diduga disebabkan oleh pengaruh dari ketebalan lapisan oksida, karena ketebalan lapisan oksida tertinggi yang dihasilkan setelah proses *dyeing* yaitu pada kuat arus 2 Ampere. Seperti yang diutarakan Eka, A., (2010) menyebutkan bahwa pembentukan aluminium oksida, mengakibatkan aluminium mentah menjadi hidrat aluminium dan mengakibatkan aluminium menjadi lebih keras. Proses *dyeing* juga berpengaruh terhadap kekerasan rata-rata, karena cairan warna akan masuk ke pori-pori lapisan oksida yang mengakibatkan kekerasan rata-rata setelah proses *dyeing* lebih tinggi dibandingkan setelah proses *anodizing*. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar aluminium oksida yang terbentuk, akibatnya aluminium akan semakin keras dan semakin besar ketebalan lapisan oksida, maka kekerasan rata-rata akan semakin tinggi.

5. Kesimpulan

Berdasarkan dari penelitian, perhitungan dan pembahasan data hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan, sebagai berikut :

1. Semakin besar kuat arus listrik, maka ketebalan lapisan oksida mencapai titik maksimum pada kuat arus 2 Ampere, kemudian menurun sejalan dengan naiknya temperatur. Ketebalan lapisan oksida setelah proses *anodizing* pada kuat arus 1 Ampere, 2 Ampere, dan 3 Ampere menghasilkan ketebalan lapisan oksida sebesar 20 μm , 80 μm , 5 μm , maupun setelah proses *anodizing* dan *dyeing* sebesar 40 μm , 120 μm , 10 μm .
2. Kecerahan warna (RGB) setelah proses *anodizing* dan *dyeing* tertinggi yaitu pada kuat arus 1 Ampere sebesar R 35.66 %, G 181.33 %, B 63 %.
3. Struktur makro setelah proses *anodizing* dan *dyeing* pada kuat arus 1 Ampere, 2 Ampere, 3 Ampere, mempunyai struktur, ukuran pori-pori dan kepekatan warna yang berbeda-beda. Namun, struktur makro yang paling homogen terjadi pada kuat arus 1 Ampere.
4. Semakin besar aluminium oksida yang terbentuk, akibatnya aluminium akan semakin keras dan semakin besar ketebalan lapisan oksida, maka kekerasan rata-rata akan semakin tinggi. Kekerasan rata-rata setelah

proses *anodizing* pada kuat arus 1 Ampere, 2 Ampere, dan 3 Ampere menghasilkan kekerasan rata-rata sebesar 44.36 VHN, 44.16 VHN, 45.3 VHN secara berurutan, maupun setelah proses *dyeing* sebesar 44.43 VHN, 52.1 VHN, 48.73 VHN secara berurutan.

Daftar Puastaka

1. Eka, A. (2010). *Tahapan Pembuatan Name Plate Aluminium Dengan Proses Anodize*. Website:
<http://cvjesa.blogspot.co.id/2010/09/proses-pembuatan-nameplate-aluminium.html>
2. Hanggara, A.D. Ihsan, T.A.N. Hutama, R.P. Juniwan, H. Ilma, M.Z. (2010). *Penggunaan Kunyit Sebagai Alternatif Pewarnaan Pada Anodizing Aluminium Yang Ramah Lingkungan*. PKM-AI. Universitas Negeri Malang: Malang.
3. Hutasoit, F.M., (2008). *Pengaruh Penambahan Konsentrasi Asam Oksalat Terhadap Ketebalan Lapisan Oksida pada Aluminium Foil Hasil Proses Anodisasi*. Skripsi, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
4. Nugroho, F. (2014). *Pengaruh Rapat Arus dan Waktu Anodizing Terhadap Laju Keausan Permukaan Pada Aluminium Paduan AA 2024-T3*. Jurnal ilmiah. Jurusan Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto : Yogyakarta.
5. Nugroho, F. (2014). *Pengaruh Rapat Arus dan Waktu Anodizing Terhadap Ketebalan Lapisan Aluminium Oksida pada Aluminium Paduan AA 2024-T3*. Jurnal ilmiah. Jurusan Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto : Yogyakarta.
6. Priyanto, A. (2012). *Pengaruh Variasi Arus Listrik Terhadap Kekerasan Permukaan Logam Aluminium 5XXX Pada Proses Anodizing*. Skripsi, tidak diterbitkan. Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia : Yogyakarta.
7. Purnama, D. Rizkia, V. (2012). *Pelapisan Aluminium Dengan Proses Anodisasi Multi Warna Untuk Aplikasi Komponen Dekoratif Secara Praktis*. Jurnal ilmiah. Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
8. Santhiarsa, N.N. (2009). *Pengaruh Kuat Arus Listrik dan Waktu Proses Hard Anodizing Pada Aluminium Terhadap Kekerasan dan Ketebalan Lapisan*. Jurnal ilmiah. Teknik Mesin Universitas Udayana.
9. Santhiarsa, N.N. (2010). *Pengaruh Kuat Arus Listrik dan Waktu Proses Anodizing Dekoratif Pada Aluminium Terhadap Kecerahan dan Ketebalan Lapisan*. Jurnal ilmiah. Teknik Mesin Universitas Udayana.
10. Sipayung, P.P.S., (2008), *Pengaruh Penambahan Konsentrasi Elektrolit Pada Proses Anodisasi*. Makalah, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.