

TUGAS AKHIR

PENGARUH VARIASI TEGANGAN LISTRIK PADA PROSES ANODIZING TERHADAP STRUKTUR MIKRO KETEBALAN LAPISAN OKSIDA, STRUKTUR MAKRO DAN KEKERASAN PADA PERMUKAAN ALUMINIUM 1XXX

Choirul Fatoni

Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Lingkar Barat, Tamantirto, Kasihan, Bantul 55183
Email: Choirulfatoni24@gmail.com

Proses anodizing mampu menghasilkan ketebalan lapisan oksida protektif, selain untuk meningkatkan daya tahan korosi, tahan aus dan meningkatkan daya tahan abrasi. Teknik anodizing pada dasarnya menggunakan prinsip elektrolisis. Pada sel elektrolisis, anoda dihubungkan dengan logam aluminium yang akan di-anodizing dan di bagian katoda dihubungkan dengan plat penghantar anodisasi. Beda potensial ini akan memicu pertumbuhan lapisan oksida pada permukaan logam aluminium. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi tegangan listrik pada proses anodizing terhadap kecerahan warna, struktur mikro ketebalan lapisan oksida, stuktur makro dan kekerasan pada permukaan aluminium 1XXX. Pada proses anodizing, menggunakan power supply dengan variasi tegangan listrik 16 Volt, 18 Volt, 20 Volt. Plat yang digunakan aluminium seri 1XXX dengan ukuran 50 mm x 30 mm x 2.8 mm diamplas secara bertahap menggunakan amplas 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 %, kuat arus 3 Ampere, waktu pencelupan 10 menit. Sedangkan proses dyeing menggunakan larutan warna 20 gram/liter. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian ketebalan lapisan oksida, foto mikro stereo dan kekerasan (vickers). Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa tegangan listrik pada proses anodizing berpengaruh terhadap ketebalan lapisan oksida, struktur makro, dan kekerasan permukaan aluminium 1XXX, dimana ketebalan tertinggi setelah melalui proses anodizing 140 μm dan sealing yaitu sebesar 120 μm pada variasi tegangan listrik pada anodizing 18 Volt, namun demikian pada variasi tegangan 16 Volt dan 20 Volt ketebalan lapisan menurun. Kekerasan Vickers yang paling tinggi yaitu 16 Volt 52.13 ± 8.25 VHN pada proses anodizing dan dyeing+sealing.

Kata kunci: proses anodizing aluminium, tegangan listrik, aluminium 1XXX.

1. Pendahuluan

Dalam era globalisasi modern seperti sekarang ini proses *anodizing* di bidang industri memiliki peran yang sangat penting. Hal ini dapat dilihat dengan makin banyaknya industri-industri di Indonesia yang semakin maju dengan metode proses pelapisan logam dengan proses *anodizing*. Salah satu logam yang sering digunakan dalam bidang industri adalah aluminium, karena memiliki sifat penghantar listrik, panas yang baik dan mudah dibentuk (Beurner, 1978).

Kusuma (2014), menyatakan bahwa proses *anodizing* mampu menghasilkan ketebalan lapisan oksida protektif, selain untuk meningkatkan daya tahan korosi, tahan aus dan meningkatkan daya tahan abrasi. Teknik *anodizing* pada dasarnya menggunakan prinsip elektrolisis. Pada sel elektrolisis, anoda dihubungkan dengan logam aluminium yang akan di-*anodizing* dan di bagian katoda dihubungkan dengan plat penghantar

anodisasi. Beda potensial ini akan memicu pertumbuhan lapisan oksida pada permukaan logam aluminium. Hasil penelitian tentang *anodizing* logam aluminium dengan variasi beda potensial yang paling besar adalah potensial 25 volt memberikan peningkatan ketebalan rata-rata pori yang terjadi yaitu 18,33 μm dengan lebar rata-rata 19,52 μm .

Hamzah (2013), meneliti pengaruh kuat arus dan tegangan listrik dalam peningkatan kekerasan aluminium hasil *hard anodizing* pada aluminium paduan 6061, hasil menunjukkan bahwa proses *anodizing* cenderung meningkatkan kekerasan aluminium, pada kuat arus 1A tegangan listrik 30V menunjukkan hasil yang optimum dengan nilai kekerasan sebesar 162 VHN.

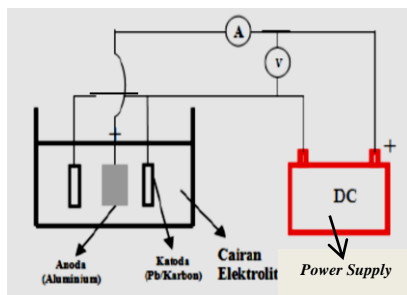
Hasil dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa pengaruh tegangan listrik pada proses *anodizing* sangat berpengaruh terhadap kenaikan jumlah lapisan oksida yang terbentuk, dan nilai kekerasan pada permukaan material. Namun

demikian penelitian diatas belum membuktikan hasil penelitiannya menggunakan bahan aluminium murni seri 1XXX. Sifat aluminium seri 1XXX yang lunak cenderung mudah tergores dan tidak terlalu sering dipakai untuk aplikasi perkakas yang membutuhkan ketahanan dan kekuatan material. Oleh sebab itu, untuk menaikkan nilai estetika dari aluminium murni, maka perlu dilakukan penelitian perlakuan permukaan pada aluminium murni seri 1XXX menggunakan metode *anodizing*.

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*).

Klasifikasi *Anodizing*



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

1. Elektroda

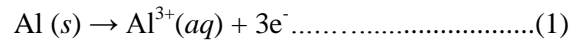
Elektroda adalah sebuah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan bagian sebuah non-logam dari sebuah sirkuit. Pada percobaan *anodizing* digunakan elektron aluminium sebagai anoda dan katodanya adalah logam timbal (Pb). Elektron dalam sebuah sel elektrolisis ditunjuk sebagai anoda atau sebuah 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

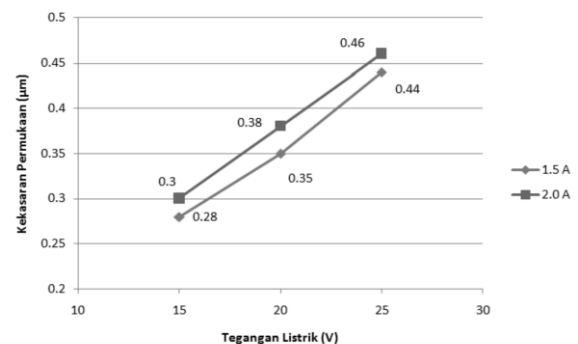
Elektrolisa benda kerja yang berupa aluminium pada proses *anodizing* berlaku sebagai anoda dengan dihubungkan pada kutub positif catu daya. Logam aluminium akan berubah menjadi ion aluminium yang larut dalam larutan asam sesuai dengan rumus (1) berikut :



Jumlah zat yang bereaksi pada elektroda sel elektrolisis berbanding lurus dengan jumlah arus yang melalui sel tersebut.

Pengaruh Tegangan

Tegangan (*Voltage*) adalah perbedaan potensial antara dua titik, yang bisa didefinisikan sebagai jumlah kerja yang diperlukan untuk memindah arus dari satu titik ke titik lainnya dengan satuan Volt (V). Besarnya tegangan listrik dapat mempengaruhi hasil *anodizing*. Tegangan memiliki pengaruh terhadap tampilan dari lapisan oksida yang dihasilkan, semakin tinggi tegangan pada proses, maka terjadi beda potensial yang semakin tinggi sehingga energi ionisasi menjadi semakin besar. Semakin besar energi ionisasi maka energi yang digunakan melepaskan ikatan ion aluminium juga semakin besar. Semakin besar ikatan ion dari aluminium yang terlepas, maka semakin besar pula ion dari larutan elektrolit yang menempel pada permukaan aluminium. Grafik hubungan kekerasan permukaan dengan tegangan listrik dan kuat arus dapat ditunjukkan pada Gambar 2.

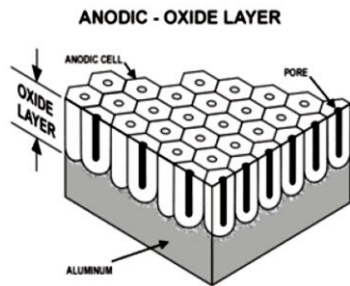


Gambar 2 Grafik hubungan kekerasan permukaan dengan tegangan listrik dan kuat arus (Kenang dkk, 2012).

Pembentukan Lapisan Oksida

Secara umum lapisan oksida hasil dari proses anodisasi memiliki karakteristik yang keras, aluminium (Al₂O₃) memiliki kekerasan sebanding dengan *sapphire*, insulatif dan tahan terhadap beban, transparan, tidak ada serpihan.

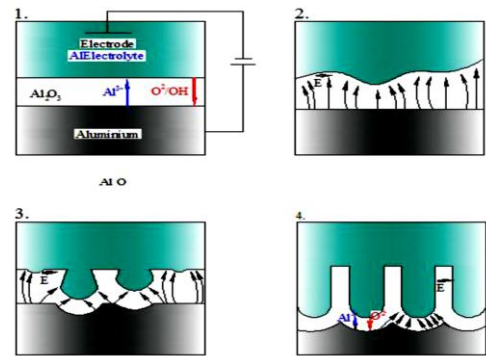
Proses ini akan meningkatkan ketahanan *abrasive*, kemampuan insulator elektrik logam, serta kemampuan untuk menyerap zat pewarna untuk menghasilkan variasi tampilan warna pada permukaan hasil *anodizing*. Aluminium serta paduan-paduannya mempunyai sifat tahan terhadap korosi karena adanya lapisan oksida 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

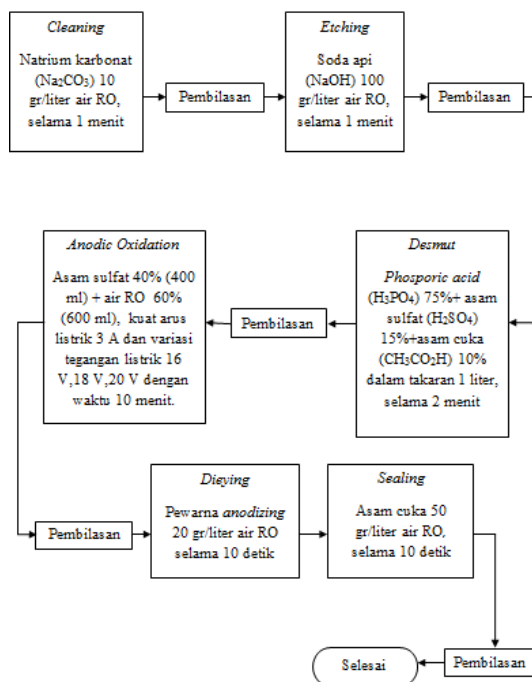
Sipayung, (2008)

3. Proses Anodizing

Plat Aluminium seri 1XXX ukuran 50 mm x 90 mm, tebal 1 mm dipotong menggunakan gergaji menjadi tiga bagian dengan ukuran 50 mm x 30 mm. Setelah proses pemotongan bahan, dilakukan pengamplasan bertahap dengan amplas seri P1000, P2000, dan C5000, lalu dibilas menggunakan air. Selanjutnya proses *cleaning*, dimana larutan yang digunakan pada proses ini adalah natrium karbonat (Na_2CO_3) dengan konsentrasi 10 gr/liter selama 1 menit dengan suhu ruangan bak plastik $\pm 30\text{-}35^\circ\text{C}$. Setelah proses ini selesai, spesimen *dirinsing* menggunakan air. Selanjutnya, diproses *etching*, menggunakan larutan soda api (NaOH) dengan konsentrasi 100 gr/liter 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 *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.

Proses *anodizing* atau *anodic oxidation*, dilakukan menggunakan variasi tegangan listrik 16 Volt, 18 Volt, 20 Volt, kuat arus 3 Ampere, dan larutan 400 ml asam sulfat (H_2SO_4) dan 600 ml air selama 10 menit dengan suhu ruangan bak plastik $\pm 30\text{-}35^\circ\text{C}$. Kemudian, spesimen *dirinsing* menggunakan air. Lapisan oksida telah terbentuk melalui proses *anodic oxidation*. Selanjutnya adalah proses pewarnaan (*Dyeing*). Pada proses ini material

dicelupkan kedalam larutan pewarna (20 gr/liter) air selama ± 10 menit, 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 selama ± 10 detik, dan menggunakan suhu ruangan bak plastik larutan *sealing* $\pm 30-35^{\circ}\text{C}$. Kemudian, spesimen *dirinsing* menggunakan air. Seperti ditunjukkan gambar 5.



Gambar 5. Bagan Proses Anodizing

3.1. Pelaksanaan Pengujian

Spesimen aluminium 1XXX setelah proses *anodizing* dan *dyeing* dilakukan pengujian kecerahan warna menggunakan *adobe photoshop*, dimana akan didapat data perbandingan antara hasil visual setelah proses *anodizing* dan *dyeing* dilakukan dengan hasil RGB.

Spesimen aluminium bibelah menjadi 2 bagian, kemudian diambil sebagian pada setiap spesimen untuk di-*mounting*. Fungsi dari *mounting* adalah untuk memudahkan melakukan pengamatan foto struktur mikro pada saat pengujian berlangsung. Selanjutnya spesimen diamati menggunakan mikroskop untuk melihat struktur mikro, ketebalan lapisan oksida *anodizing* dan *sealing*. Seperti ditunjukkan gambar 6.

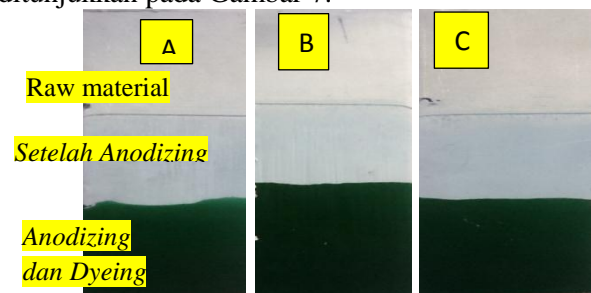


Gambar 6. Resin pemegang spesimen uji struktur mikro

Pengujian kekerasan mikro *vickers* dilakukan untuk mengukur kekerasan permukaan aluminium setelah proses *anodizing* maupun proses *dyeing*. Prosedur dan pembacaan hasil pada pengujian kekerasan mikro *vickers* di tempat laboratorium bahan teknik, D3 teknik mesin UGM, CONTRALAB micro hardness tester seri HMV-M Ref. MT 100600 diproduksi oleh Shimadzu Corporation, Kyoto Japan.

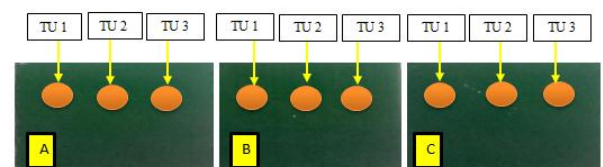
4. Hasil dan Pembahasan

Spesimen setelah proses *anodizing* dan *dyeing* sebelum dilakukan pengujian, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.



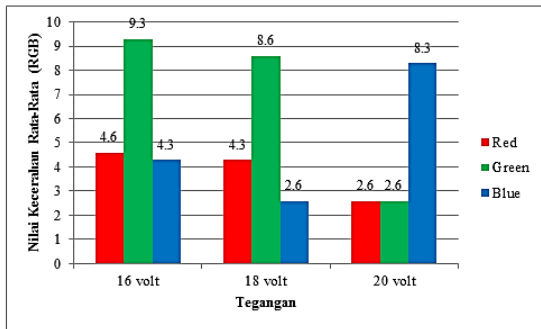
Gambar 7 Spesimen aluminium 1XXX setelah proses *anodizing* dan *dyeing* + *sealing* (a). 16 Volt, (b). 18 Volt, (c). 20 Volt.

Spesimen aluminium 1XXX setelah proses *anodizing* dan *dyeing* dilakukan pengujian kecerahan warna menggunakan *adobe photoshop*, dimana akan didapat data perbandingan antara hasil visual setelah proses *anodizing* dan *dyeing* dengan warna yang sebenarnya. Berikut merupakan spesimen Aluminium 1XXX setelah proses *anodizing* dan *dyeing* dengan variasi tegangan listrik 16 Volt, ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Titik Uji (TU) spesimen aluminium 1XXX setelah proses *anodizing* dan *dyeing* setelah pengujian

visual dengan *adobe photoshop*, (a). 16 Volt, (b). 18 Volt, (c). 20 Volt.

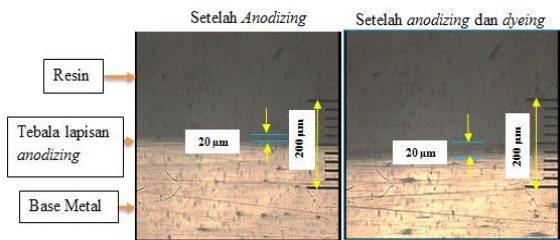


Gambar 9 Grafik hubungan tegangan dengan kecerahan warna (RGB).

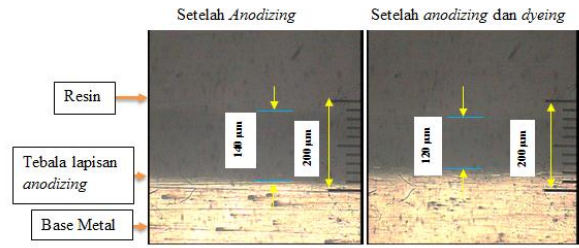
Dari hasil pengujian kecerahan warna menggunakan *adobe photoshop*. Pengaruh tegangan listrik pada proses *anodizing* mempengaruhi kecerahan warna yang ditampilkan setelah proses *dyeing* (pewarnaan). Hal tersebut dikarenakan ukuran pori-pori yang mempengaruhi pewarna masuk kedalam celah pori-pori anodisasi. Variasi tegangan listrik 16 Volt menghasilkan warna yang hijau terang tetapi belum homogen, pada variasi tegangan listrik 18 dan 20 Volt mengalami penurunan sehingga menampilkan warna yang lebih pekat tetapi cenderung homogen (Santhiarsa, 2010). Menurunnya tingkat kecerahan diakibatkan oleh bertambahnya ketebalan lapisan dan permukaan menjadi semakin tidak rata. Oleh karenanya, pemantulan cahaya menjadi tidak terpusat (terfokus), sehingga tingkat kecerahan (iluminasi) menjadi menurun.

Hasil Pengujian Foto Struktur Mikro dan Ketebalan Lapisan

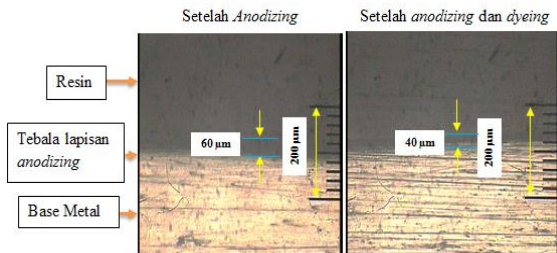
Pengujian foto struktur mikro ini ditujukan untuk mengetahui seberapa besar ketebalan lapisan oksida aluminium IXXX setelah proses *anodizing* dan *dyeing*. Pengujian ini dilakukan dengan pembesaran 200 kali, dimana ada 10 strip dan setiap strip mempunyai nilai 20 µm.



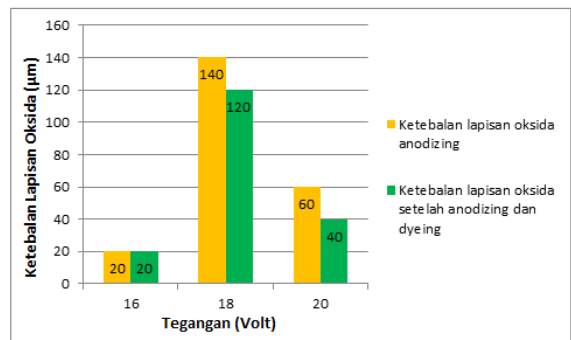
Gambar 11 Foto struktur mikro pada spesimen variasi tegangan listrik 16 Volt.



Gambar 12 Foto struktur mikro pada spesimen variasi tegangan listrik 18 Volt.



Gambar 13 Foto struktur mikro pada spesimen variasi tegangan listrik 20 Volt.



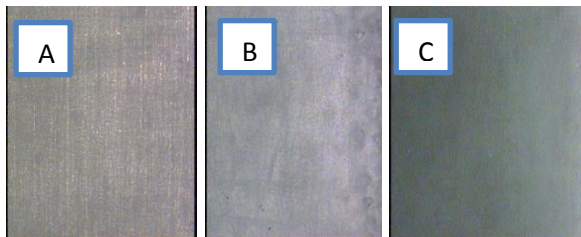
Gambar 10 Grafik hubungan antara tegangan listrik pada proses *anodizing* terhadap ketebalan lapisan oksida *anodizing* sebelum dan sesudah *dyeing* + *sealing*.

Dari grafik diatas menunjukkan hubungan antara ketebalan lapisan oksida pada permukaan aluminium *anodizing* dengan variasi tegangan listrik 16 Volt, 18 Volt, dan 20 Volt setelah proses *anodizing*, menghasilkan nilai ketebalan lapisan oksida sebesar 20 µm, 140 µm, 60 µm secara berurutan. Maupun setelah proses *anodizing* dan *dyeing*, menghasilkan ketebalan lapisan oksida sebesar 20 µm, 120 µm, dan 40 µm secara berurutan. Ketebalan lapisan oksida setelah *anodizing* dan *dyeing* mencapai titik tertinggi pada tegangan listrik 18 Volt sebesar 140 µm dan 120 µm. Hal ini diduga disebabkan oleh proses oksidasi yang terjadi pada anoda dan reduksi pada katoda meningkat seiring dengan peningkatan beda

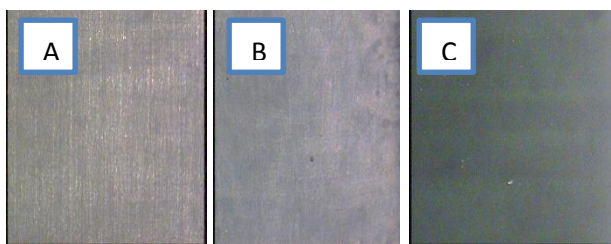
potensial yang diberikan. Sehingga, menyebabkan pembentukan oksida aluminium meningkat Kusuma, K.W.A., dkk., (2014). Kemudian, pada tegangan listrik 20 Volt ketebalan lapisan oksida menurun sebesar 60 μm dan 40 μm . Hal ini diduga disebabkan, seperti pernyataan Purnama, D., dkk., (2012) Semakin meningkatnya temperatur celup dan tegangan yang diberikan akan menurunkan ketebalan lapisan oksida yang terbentuk. Hal ini terjadi karena peningkatan temperatur dan tegangan akan meningkatkan *driving force* untuk terjadinya pelarutan lapisan oksida, yaitu meningkatkan kemampuan larutan elektrolit untuk melarutkan lapisan oksida.

Hasil Pengujian Foto Struktur Makro Permukaan

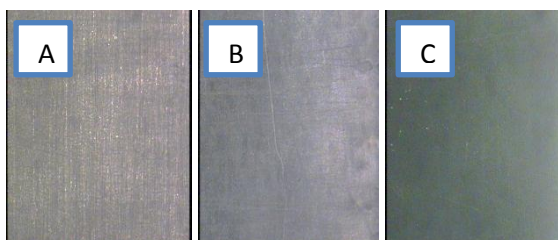
Berdasarkan pengujian foto struktur makro yang dilakukan dengan pembesaran 50 kali, diperoleh data sebagai berikut.



Gambar 14 Foto makro variasi tegangan 16 Volt, (a). *Raw material*, (b). Setelah proses *anodizing*, (c). Setelah proses *anodizing* dan *dyeing + sealing*.



Gambar 15 Foto makro variasi tegangan 18 Volt, (a). *Raw material*, (b). Setelah proses *anodizing*, (c). Setelah proses *anodizing* dan *dyeing + sealing*.



Gambar 16 Foto makro variasi tegangan 20 Volt, (a). *Raw material*, (b). Setelah proses *anodizing*, (c). Setelah proses *anodizing* dan *dyeing + sealing*.

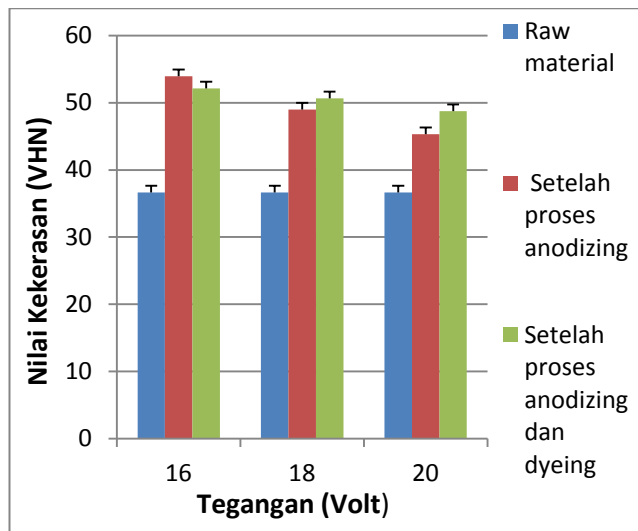
Gambar 14 (a), Gambar 15 (a), Gambar 16 (a) menunjukkan hasil yang sama pengujian foto makro *raw material*, bahwa struktur permukaan *raw material* belum terbentuk lapisan oksida dan masih terlihat serat murni dari logam aluminium itu sendiri. Sedangkan Gambar 14 (b) menunjukkan hasil pengujian foto makro setelah proses *anodizing* masih terlihat goresan bekas proses pengamplasan dan pori-pori aluminium yang terbentuk terlihat ada bercak-bercak 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 14 (c) setelah proses *anodizing* dan *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 15 (b) menunjukkan hasil pengujian foto makro setelah proses *anodizing* pori-pori aluminium yang terbentuk kecil, banyak, dan sudah homogen. Permukaannya terlihat ada bercak seperti terbakar Hal itu diduga disebabkan oleh perpindahan ion-ion elektrolit yang kurang baik. Sedangkan pada Gambar 15 (c) setelah proses *anodizing* dan *dyeing*, pori-pori aluminium sudah tertutup. Secara visual permukaannya terlihat lebih halus, namun hasil dari proses *dyeing* terlihat lebih pekat dibandingkan dengan variasi tegangan 16 Volt. 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 tegangan 16 Volt.

Gambar 16 (b) menunjukkan hasil pengujian foto makro setelah proses *anodizing* pori-pori aluminium yang terbentuk lebih besar, lebih banyak, dan lebih homogen. Hal ini diduga tegangan semakin besar menyebabkan terbentuknya pori-pori pada lapisan aluminium oksida yang terlalu besar. Sedangkan pada Gambar 16 (c) setelah proses *anodizing* dan *dyeing*, pori-pori aluminium sudah tertutup, tidak terlihat pori yang terlalu besar, dan secara visual permukaannya terlihat lebih halus. 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 dan menyebabkan ketebalan lapisan oksida mengingkat.

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 .17 Grafik hubungan antara tegangan listrik pada proses *anodizing* terhadap nilai kekerasan raw material, *anodizing* dan *dyeing + sealing*.

Pada grafik diatas pengujian kekerasan *vickers* didapatkan hasil yang berbeda dari keempat spesimen uji. Pada raw material aluminium 1XXX menunjukkan nilai kekerasan sebesar 36.63 ± 0.28 VHN, kemudian pengujian kekerasan *vickers* pada spesimen yang sudah melalui proses *anodizing* dengan variasi tegangan listrik 16 Volt, 18 Volt, 20 Volt setelah proses *anodizing* menghasilkan nilai kekerasan rata-rata sebesar 53.96 ± 2.85 VHN, 49.00 ± 0.8 VHN, 45.3 ± 1.4 VHN secara berurutan. Sedangkan setelah proses *anodizing* dan *dyeing + sealing* pada tegangan listrik yang sama menghasilkan kekerasan rata-rata sebesar 52.13 ± 8.25 VHN, 50.66 ± 1.44 VHN, 48.73 ± 0.92 VHN secara berurutan. Nilai kekerasan tertinggi setelah proses *anodizing* pada tegangan listrik 16 Volt sebesar 53.96 ± 2.85 VHN, paling rendah terhadap tegangan listrik 20 Volt 45.3 ± 1.4 VHN. Sedangkan setelah proses *dyeing + sealing*, kekerasan tertinggi pada tegangan listrik 16 Volt sebesar 52.13 ± 8.25 VHN, paling rendah terdapat pada tegangan listrik 20 Volt sebesar 48.73 ± 0.92 VHN. Akan tetapi, kekerasan mengalami semakin menurun. Dari hasil analisa diatas, menurunnya nilai kekerasan rata-rata diduga disebabkan oleh pengaruh dari temperatur dan larutan elektrolit, karena hasil tertinggi setelah proses *dyeing + sealing* yaitu pada

tegangan listrik 16 Volt, suhu pada proses *anodizing* meningkat $30-47^{\circ}$ dengan peningkatan voltase. Nurani (2007), menyatakan bahwa variasi konsentrasi asam sulfat dan temperatur elektrolit berpengaruh terhadap kekerasan permukaan logam aluminium pada proses *anodizing*. Semakin tinggi temperature elektrolit maka kekerasan permukaan aluminium akan mengalami penurunan. Dan peningkatan konsentrasi asam sulfat juga akan menurunkan kekerasan permukaan aluminium hasil *anodizing*. Konsentrasi asam sulfat yang ideal untuk *anodizing* adalah antara 15%-20%.

5. Kesimpulan

Dari penelitian, analisa dan pembahasan data yang telah dilakukan pada pengaruh variasi tegangan listrik pada proses *anodizing* kemudian dilakukan beberapa pengujian, yaitu pengujian kecerahan warna, foto struktur mikro, pengujian foto struktur makro dan pengujian kekerasan mikro *vickers*, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Kecerahan warna yang dihasilkan pada proses *anodizing* aluminium 1XXX dengan variasi tegangan listrik 16 Volt menghasilkan warna yang hijau terang tetapi belum homogen, pada variasi tegangan listrik 18 dan 20 Volt mengalami penurunan sehingga menampilkan warna yang lebih pekat tetapi cenderung homogen.
2. Semakin besar tegangan listrik dan sejalan dengan naiknya temperatur larutan elektrolit maka ketebalan lapisan oksida setelah proses *anodizing* pada tegangan listrik 16 Volt, 18 Volt, dan 20 Volt menghasilkan ketebalan lapisan oksida sebesar $20 \mu\text{m}$, $140 \mu\text{m}$, $60 \mu\text{m}$, maupun setelah proses *dyeing* dan *sealing* sebesar $20 \mu\text{m}$, $120 \mu\text{m}$, $40 \mu\text{m}$.
3. Pengujian foto struktur makro yang dilakukan dengan perbesaran 20 kali, pada variasi tegangan listrik 16 Volt pada *anodizing*, tampak permukaan terlihat halus, sedangkan untuk variasi tegangan listrik 18 dan 20 Volt tampak terlihat kasar dan berpori, hasil *dyeing* dan *sealing* terlihat homogen dengan variasi tegangan 20 Volt, karena warna lebih hijau pekat dan homogen. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi tegangan listrik pada proses

anodizing dapat menurunkan struktur permukaan yang kasar dan hijau pekat.

4. Semakin tinggi tegangan listrik yang dialirkan, maka kekerasan akan menurun. Kekerasan rata-rata setelah proses *anodizing* pada tegangan listrik 16 Volt, 18 Volt, 20 Volt menghasilkan kekerasan sebesar 53.96 ± 2.85 VHN, 49.00 ± 0.8 VHN, 45.3 ± 1.4 VHN, maupun setelah proses *anodizing* dan *dyeing+sealing* sebesar 52.13 ± 8.25 VHN, 50.66 ± 1.44 VHN, 48.73 ± 0.92 VHN.

DAFTAR PUSTAKA

- Beurner, B.J.M. (1978). Ilmu bahan logam. P.T.Bhratara Karya Aksara. Jakarta.
- Hamzah., Wahyudi,F., Purnami., (2013), Pengaruh Kuat Arus dan Tegangan Listrik *Hard Anodizing* Terhadap Ketebalan Lapisan dan Kekerasan Permukaan Aluminium 6061 Dengan Katoda Titanium. Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Hutasoit, F.M., (2008). Pengaruh Penambahan Konsentrasi Asam Oksalat Terhadap Ketebalan Lapisan Oksida pada Aluminium Foil Hasil Proses Anodisasi. Skripsi . Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Kenang, M.F., Sutikno, E., Soenoko, R., (2014), Pengaruh Tegangan Listrik dan Kuat Arus Pada Proses *Hard Anodizing* Aluminium 6061 Untuk Konsentrasi $H_3PO_4(2 \text{ mol})$ Terhadap Kekasaran dan Porositas Permukaan. Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Kusuma, A.W.K.A.A., Karyasa, I. W., Suardana, I. N, (2014), *Anodizing* logam aluminium dengan variasi beda potensial. Universitas Pendidikan Ganesha Singaraja.
- Nurani, K.D., (2007), *Pengaruh Variasi Konsentrasi Asam Sulfat Dan Temperatur Elektrolit Terhadap Kekerasan Permukaan Aluminium Hasil Anodizing*. Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- 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.
- Purnama, D., Rizkia, V, (2012), Pelapisan Aluminium Dengan Proses Anodisasi Multiwarna Untuk Aplikasi Komponen Dekoratif Secara Praktis. Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
- Rasyid, M., Aspar, G., Hidayati, B.A., Trinurasih, S., Ernawati. Faroka, F.R. Nugroho, D., Indrawan, I., (2009), Aluminium Murni dan Paduannya. Fakultas Teknik Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Santhiarsa, N.N, (2009), Pengaruh Kuat Arus Listrik dan Waktu Proses *Hard Anodizing* pada Aluminium terhadap Kekerasan dan Ketebalan Lapisan.jurnal Ilmiah. Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana.
- Santhiarsa, N.N, (2010), Pengaruh Kuat Arus Listrik dan Waktu Proses *Anodizing* pada Aluminium terhadap Kecerahan dan Ketebalan Lapisan. Jurnal Ilmiah. Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana.
- Sipayung, P.P.S, (2008). *Pengaruh Penambahan Konsentrasi Elektrolit Pada Proses Anodisasi*. Skripsi, tidak diterbitkan.Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Taufiq,T, (2011), *Anodizing* Pada Logam Aluminium dan Paduannya. Makalah, Program Studi Magister Rekayasa Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan Institut Teknologi Bandung.