

Pengaruh Kuat Arus Listrik dan Waktu Proses *Hard Anodizing* pada Aluminium terhadap Kekerasan dan Ketebalan Lapisan

I Gst. Ngr. Nitya Santhiarsa

Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, kampus Bukit Jimbaran

e-mail: nitya.santiarsa@me.unud.ac.id

Abstrak

Diantara beberapa proses pengerjaan akhir, proses pelapisan *hard anodizing* dapat digunakan sebagai salah satu cara untuk meningkatkan kekerasan aluminium, dimana proses pelapisan *hard anodizing* itu sendiri adalah proses pembentukan lapisan oksida pada logam dengan cara mereaksikan atau 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. Penelitian ini menggunakan aluminium 2024-T3 sebagai logam induk yang akan dilapisi, dengan perubahan perlakuan arus listrik 1 Ampere, 2 Ampere, dan 3 Ampere, serta perubahan perlakuan waktu pencelupan 10 menit, 20 menit, dan 30 menit. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian kekerasan vickers dan pengukuran ketebalan lapisan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arus listrik dan waktu pencelupan pada proses *hard anodizing* berpengaruh terhadap kekerasan dan ketebalan lapisan, dimana pada arus listrik 3 Ampere dan waktu pencelupan 30 menit didapat hasil yang paling keras sebesar 121.00 gr/ μm dan ketebalan paling tinggi sebesar 5 μm . Hasil yang terendah didapat pada arus listrik 1 Ampere dan waktu pencelupan 10 menit yaitu kekerasan sebesar 76,46 gr/ μm dan ketebalan sebesar 2 μm .

Kata kunci : *Hard anodizing* aluminium, kuat arus, waktu *anodizing* .

Abstract

Influence of Electric Current and Hard Anodizing Process Time of Aluminium toward Hardness and Layer Thickness

Among of finishing processes, *hard anodizing* coating process can be used as one manner to increase the hardness of aluminum. *Hard anodizing* process constitutes the forming of oxide layer on the metal with reacting of a metal, especially aluminum with oxygen (O_2), which was taken from sulfuric electrolyte (H_2SO_4) is used as a media, so that it form of oxide layer. This study uses aluminum 2024-T3 as base metal to be coated, with the electric currents are 1 Ampere, 2 Ampere, and 3 Ampere, and changes in immersion treatment times are 10 minutes, 20 minutes, and 30 minutes. Tests to be conducted are test of Vickers hardness and coating thickness measurement. Results of the research indicate that the electric current and time of immersion in the process of *hard anodizing* has significant affect toward hardness and the layer thickness, where at the electric current 3 Ampere and immersion time of 30 minutes were yielded the highest hardness and layer thickness were 121.00 gr / μm and 5 μm respectively. Otherwise, the lowest hardness (76.46 gr / μm) and the lowest of layer thickness (2 μm) were obtained when use of electric current 1 Ampere and 10 minutes immersion time.

Keywords: *Hard anodizing*, electric current, immersion time

1. Pendahuluan

Untuk memperbaiki sifat kekerasan aluminium maka salah satu cara yang dapat digunakan adalah dengan proses pelapisan *hard anodizing*. Proses pelapisan *hard anodizing* dapat digunakan sebagai salah satu cara untuk meningkatkan kekerasan aluminium, dimana proses pelapisan *hard anodizing* itu

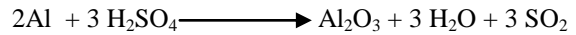
sendiri adalah proses pembentukan lapisan oksida pada logam dengan cara bereaksikan atau mengkorosikan suatu logam terutama aluminium dengan oksigen (O_2) yang diambil dari larutan elektrolit asam sulfat (H_2SO_4) yang digunakan sebagai media, sehingga membentuk lapisan oksida. Adapun penelitian yang pernah dilakukan oleh Wu Xiaohong, *White Anodized Thermal*

Control Coating On LY12 Aluminium Alloy, dimana penelitian ini menggunakan bahan uji berdiameter 45mm dan dengan ketebalan 1mm yang mana dipotong dari paduan aluminium LY12 (dengan komposisi dalam persen 3.8-4.9% Cu, 1,2-1,8% Mn, 0,50% Fe, 0,50% Si, 0.30% Zn, 0,1% Ni, dan 0.15% Ti dan Al seimbang). Dimana dengan hasil dari pelapisan terdahulu dengan menggunakan arus 0,5 A menghasilkan lapisan sebesar 1.5 µm, 1.3 A menghasilkan 3.2 µm, 2 A menghasilkan 7.9 µm, 2.5 A menghasilkan 11.2 µm, dan 3 A menghasilkan 15.3 µm dan dengan waktu 10 menit menghasilkan ketebalan sebesar 1.5 µm, 20 menit menghasilkan ketebalan sebesar 3.2 µm, 40 menit menghasilkan ketebalan sebesar 7.9 µm, dan dengan waktu 60 menit menghasilkan ketebalan sebesar 11.2 µm. Proses pelapisan *hard anodizing* ini dipengaruhi beberapa faktor seperti suhu, kerapatan arus, konsentrasi ion, agitasi, *throwing power*, konduktifitas, nilai PH, pasifitas dan waktu proses anodizing. Pada proses pelapisan *hard anodizing* ini variasi waktu yang digunakan adalah 5 menit, 10 menit dan 15 menit, dan variasi kuat arus yang digunakan adalah 1 Ampere, 2 Ampere dan 3 Ampere. Setelah mengalami proses pelapisan *hard anodizing* maka akan terbentuk lapisan anodizing dengan kekerasan dan ketebalan pada permukaan aluminium. Dengan pelapisan ini, diharapkan permukaan logam aluminium akan menjadi lebih keras. Sehingga untuk menghasilkan produk yang baik perlu kondisi operasional yang optimal.

2. Dasar Teori

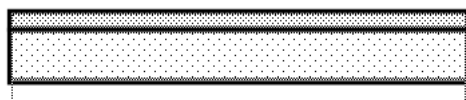
Proses anodisasi adalah proses pembentukan lapisan oksida pada logam dengan cara mereaksikan atau mengkorosikan suatu logam terutama aluminium

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. Proses utama, dalam oksidasi anoda aluminium memerlukan larutan asam sulfat, asam kromat atau campuran asam sulfat dan asam oksalat. Selama proses oksidasi anoda permukaan aluminium dirubah menjadi oksida aluminium. Dimana reaksi kimia yang terjadi adalah:



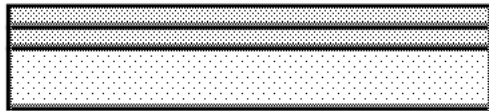
Dimana asam sulfat yang digunakan haruslah asam pekat, serta asam tersebut menjadi oksidator. Ketebalan oksida kurang lebih dua kali aluminium yang hilang. Beberapa manfaat dari oksidasi anoda aluminium antara lain : Meningkatkan ketahanan korosi, memperbaiki penampilan dan meningkatkan ketahanan abrasi.

Peralatan utama pada proses anodisasi sama seperti yang digunakan pada proses lapis secara listrik yaitu penyearah arus (*rectifier*), elektroda non katoda dan anoda, rak serta bak. Sebaliknya yaitu proses anodisasi tidak menggunakan sistem barrel dan alat pemanas, tetapi menggunakan sebaliknya yaitu alat pendingin (*thermostaat*). Fungsi dari alat-alat tersebut hampir sama yang digunakan pada proses lapis listrik.



A. Permukaan aluminium sebelum proses oksidasi anoda

t =Tebal lapisan yang teroksidasi

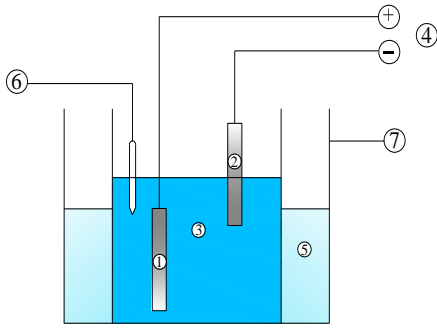


B. Permukaan anodisasi aluminium yang menunjukkan lapisan oksida

t = tebal lapisan oksida 2 kali

Gambar 1. Skema yang terjadi pada permukaan aluminium

Sumber: Newman, Ron.



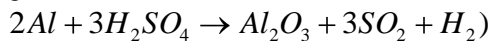
Gambar 2. Skema pelaksanaan pelapisan logam secara anodizing

Sumber : Azhar A. Saleh, Teknik Pelapisan Logam, Balai Besar Pengembangan Industri Logam dan mesin, 1992

Keterangan :

- (1) Anoda (bahan yang dilapis)
- (2) Katoda (penghantar)
- (3) Elektrolit (larutan H_2SO_4)
- (4) Sumber arus searah.
- (5) Es sebagai pendingin
- (6) Termometer
- (7) Box cooler

Sumber hard anodizing didapat dari asam sulfat, reaksi yang terjadi waktu aluminium teroksidasi dengan asam sulfat.



Pemakaian arus searah akan menghasilkan lapisan yang lebih keras dan tahan korosi, tetapi lebih bersifat rapuh (*brittle*). Sifat ketahanan korosi tergantung pula pada proses pengerjaan akhir terutama pada proses *sealing*. Faktor-faktor yang mempengaruhi *anodizing*, antara lain :

1. Suhu
Suhu sangat penting untuk menyeleksi cocoknya jalannya reaksi dan melindungi pelapisan. Untuk *anodizing* dekoratif proses pelapisan dilakukan pada temperatur kamar.
2. Kerapatan arus
Kerapatan arus adalah arus yang digunakan pada saat proses pelapisan per satuan luas bahan, bagaimanapun nilai kerapatan arus mempengaruhi waktu plating untuk mencapai ketebalan yang
3. Nilai pH
Derajat keasaman (pH) merupakan faktor penting dalam mengontrol larutan elektrolit.
4. Waktu Proses *Anodizing*

Karakteristik Aluminium

Aluminium memiliki beberapa kombinasi sifat yang menjadikannya sebagai bahan teknik yang banyak digunakan. Sifat-sifat itu antara lain :

1. Sifat tahan korosi
Sifat ini pada aluminium disebabkan karena terbentuknya lapisan oksida aluminium pada lapisan aluminium. Lapisan oksida ini akan melekat pada permukaan dengan sangat kuat dan rapat sehingga dapat melindungi lapisan bagian dalamnya.
2. Kekuatan dan kekerasan
Sifat ini pada aluminium memang tidak begitu tinggi, tetapi *strength to weight ratio* aluminium masih lebih tinggi dari baja, Kekuatan aluminium dapat diperbaiki dengan pemaduan unsur lain dan perlakuan panas.
3. Sifat penghantar listrik
Sifat ini sangat baik, kira-kira 65 % dari hantaran listrik tembaga sehingga dapat digunakan untuk kabel sebagai penghantar listrik yang baik.
4. Konduktivitas panas
Aluminium dapat digolongkan sebagai bahan yang memiliki konduktivitas panas yang baik, masih lebih baik jika dibandingkan dengan tembaga.
5. Berat jenis
Berat jenis aluminium 2,7 gr/cm karena itu banyak digunakan pada konstruksi yang ringan. Bila sudah dipadukan dengan logam lain maka besar kecilnya berat jenis tergantung dari jumlah presentasi paduannya.
6. Kemampuan fabrikasi
Sifat lain yang sangat menguntungkan adalah sangat mudah difabrikasi, dapat dituang dengan penuangan apapun, dapat dibentuk dengan berbagai cara seperti pengerolan, *stamping*, *drawing*, *forging*, *extruding* menjadi bentuk yang rumit sekalipun.

Ketebalan Lapisan

Ketebalan lapisan yang terbentuk dapat dicari dengan cara sebagai berikut: Dengan cara mengukur ketebalan pelapisan pada foto yang telah diambil kemudian dibandingkan dengan ketebalan yang telah diketahui dengan pembesaran yang sama yang digunakan pada saat pengamatan dan pengambilan foto. Dalam hal ini mikroskop hanya digunakan untuk mengamati ketebalan dari pelapisan.

$$Z = \frac{Tf}{Ts} \tag{1}$$

$$T = \frac{Tfs}{Z} \quad (2)$$

Dimana :

- T = Tebal lapisan yang dicari (mm)
- Tf = Tebal pembeding pada foto (mm)
- Ts = Tebal pembeding (diketahui) (mm)
- Tfs = Tebal lapisan yang diukur pada foto (mm)
- Z = Pembesaran yang digunakan pada mikroskop dan foto.

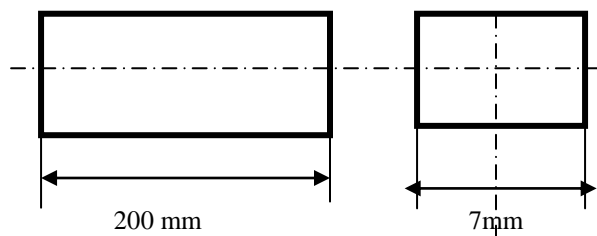
3. Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada pengaruh kuat arus listrik dan waktu proses *hard anodizing* pada aluminium terhadap kekerasan dan ketebalan lapisan adalah metode eksperimen. Pada metode eksperimen ini dilakukan pengujian kekerasan dan pengujian ketebalan lapisan. Proses *anodizing*, pengukuran kekerasan dan pengukuran ketebalan dilakukan di Laboratorium Logam Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana Bali

Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang dipakai adalah :

1. Larutan yang di gunakan dalam hard anodizing adalah :
 - Asam Sulfat : 200 gr/liter
 - Temperatur : 15 - 17 °C
 - pH : 1,5 - 4,5
2. Spesimen uji yang di *hard anodizing* adalah jenis Aluminium 2024-T3 berbentuk batang. Aluminium dengan total panjang awal 6 meter dan dengan diameter 7 mm dipotong menjadi 30 buah dengan panjang masing-masing 200 mm. Dari ke-30 buah aluminium yang telah dipotong kemudian diambil secara acak sebanyak 27 buah yang selanjutnya digunakan sebagai spesimen uji, sedang sisanya tidak digunakan. Posisi spesimen dalam pelapisan adalah melintang.



Gambar 3. Bentuk dan Ukuran Spesimen Uji

Alat Penelitian

Didalam melakukan penelitian memerlukan alat yang sesuai dengan tujuan dari penelitian, dimana semua alat tersebut dijelaskan sebagai berikut :

1. *Rectifier*

Rectifier atau *power supply* adalah suatu alat yang dapat mengubah tegangan listrik dari 220 volt menjadi yang lebih rendah sesuai dengan yang diinginkan atau alat ini juga disebut *trafo step down*. Tegangan yang keluar dari trafo masih dalam keadaan bolak-balik (AC), sehingga untuk merubah dari AC ke DC (searah) diperlukan *kuprok* sebagai penyearah dan kapasitor elektrolit sebagai perata dari tegangan *output*. Pada *rectifier* juga dipasang sebuah instrumen volt meter yang dipasang secara paralel dan sebuah amperemeter yang dipasang secara seri. Tegangan yang digunakan adalah 12 volt.

2. Bak plating
Bak *anodizing* biasanya dibuat dari bahan *fiberglass* karena tahan terhadap korosi yang diakibatkan oleh larutan *anodizing*. Ukuran bak disesuaikan dengan jenis kerja dan besar benda kerja yang dikerjakan. Dalam penelitian ini bak plating yang digunakan berukuran 10 cm × 15 cm × 30 cm (lebar × panjang × tinggi).
3. Bak pembersih
Setelah spesimen *dianodizing*, spesimen dibilas dengan air bersih pada bak pembersih yang telah disiapkan. Bak pembersih ini berfungsi untuk membersihkan spesimen dari sisa larutan *anodizing*.
4. pH meter
Digunakan untuk mengukur pH larutan untuk proses *anodizing*.
5. Termometer
Digunakan untuk mengukur suhu larutan *anodizing* sehingga diketahui temperatur dari larutan tersebut dan disesuaikan dengan suhu yang digunakan.
6. Stopwatch
Digunakan untuk menghitung waktu *anodizing*.
7. Mikroskop metallurgi
Digunakan untuk mengamati ketebalan lapisan akhir pada permukaan spesimen. Mikroskop yang digunakan adalah tipe PME-3 dari *Olympus*.
8. Kamera digital
Digunakan untuk mengambil foto ketebalan lapisan pada mikroskop
9. Jangka sorong
Digunakan untuk mengukur diameter dan panjang material uji sebelum pelapisan.
10. Box Cooler
Digunakan untuk mendinginkan larutan sehingga diperoleh suhu yang sesuai. Bak plating diletakkan di dalam *box cooler*.
11. Alat yang digunakan dalam pengujian kekerasan *Vickers* adalah *zwick/material profung Made in Germany*

Adapun langkah-langkah dalam melakukan penelitian adalah sebagai berikut :

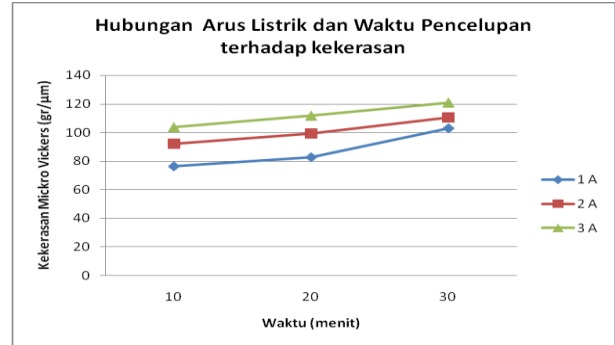
1. Alat dan bahan penelitian disiapkan.
2. Semua alat untuk proses pelapisan di setting.
3. Aluminium 2024 – T3 yang sudah dipotong sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan dan sudah dibersihkan dengan larutan pembersih disiapkan.
4. Proses pelapisan
Spesimen dicelupkan ke dalam larutan asam sulfat (H_2SO_4) kemudian stop kontak dihidupkan.
5. Pelapisan dilakukan dengan memvariasikan waktu pencelupan pada larutan asam sulfat yaitu 5 menit, 10 menit dan 15 menit dengan tiga kali pengulangan untuk masing-masing waktu dan kuat arus yang digunakan adalah 1 Ampere, 2 Ampere dan 3 Ampere.
6. Pembersihan spesimen sebelum dilakukan pengujian kekerasan
7. Pengujian kekerasan dilakukan pada permukaan spesimen yang datar dan mengukur ketebalannya
8. Pengolahan data hasil penelitian, dimana nantinya data-data hasil penelitian tersebut akan dimasukkan kedalam tabel untuk selanjutnya dianalisis.
- 9.

4. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil pengujian diperoleh data-data pengujian, kemudian data-data tersebut dijabarkan kedalam bentuk grafik hubungan . Analisa grafik dalam hal ini memperlihatkan hubungan antara kekerasanpermukaan hasil pelapisan dengan arus listrik dan waktu pelapisan yang dipakai

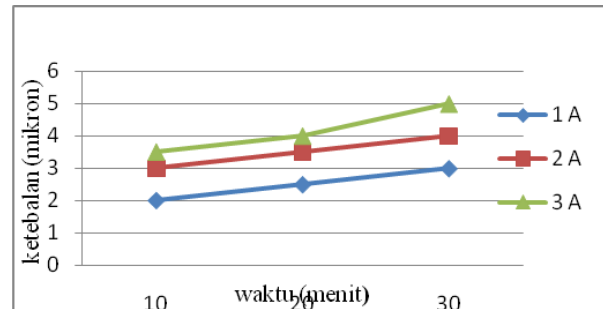
Dari Gambar 4 dapat dilihat peningkatan kekerasan permukaan lapisan dari waktu pencelupan 10 menit yaitu rata-rata 90.79 $gr/\mu m$ menjadi rata-rata 97.92 $gr/\mu m$ pada waktu pencelupan 20 menit hal ini disebabkan oleh lapisan aluminium oksida yang terbentuk makin banyak dan rapat sebanding dengan waktu pencelupan sehingga kekerasan lapisanpun meningkat. Kemudian dari waktu 20 menit ke 30 menit , kekerasan lapisanpun meningkat lagi menjadi rata-rata 111.42 $gr/\mu m$. Sehingga diantara perubahan waktu pencelupan pada penelitian ini, waktu pencelupan 30 menit menghasilkan kekerasan yang paling tinggi. Juga dapat dilihat pada grafik 4 bahwa terjadi peningkatan kekerasan permukaan lapisan dari arus listrik 1 Ampere yaitu rata-rata 87,35 $gr/\mu m$ menjadi rata-rata 100.54 $gr/\mu m$ pada arus listrik 2 Ampere hal ini disebabkan oleh lapisan aluminium oksida yang terbentuk makin banyak dan rapat sejalan dengan naiknya arus listrik

sehingga kekerasan lapisanpun makin meningkat. Kemudian dari arus listrik 2 Ampere ke 3 Ampere, kekerasan lapisanpun mneningkat menjadi rata-rata 112.23 $gr/\mu m$. Sehingga di antara perubahan arus listrik pada penelitian ini, arus listrik 3 Ampere menghasilkan kekerasan yang paling tinggi.



Gambar 4. Grafik hubungan antara kuat arus listrik dan waktu pencelupan terhadap kekerasan pada anodizing aluminium

Analisa grafik dalam hal ini memperlihatkan hubungan antara ketebalan lapisan permukaan hasil pelapisan dengan kuat arus listrik dan waktu pencelupan



Gambar 5. Grafik hubungan arus listrik dan waktu pencelupan terhadap ketebalan lapisan pada anodizing aluminium

Dari Gambar 5 dapat dilihat peningkatan ketebalan lapisan dari lama waktu pencelupan 10 menit yaitu rata- rata 2.83 μm menjadi rata- rata 3.30 μm pada lama waktu pencelupan 20 menit hal ini disebabkan oleh lapisan aluminium oksida yang terbentuk makin banyak dan rapat sebanding dengan waktu pencelupan sehingga ketebalan lapisanpun rata-rata 4 μm . Sehingga diantara variasi waktu pencelupan pada penelitian ini, lama waktu pencelupan 30 menit menghasilkan ketebalan yang paling tinggi. Juga dapat dilihat pada grafik 5 bahwa terjadi peningkatan ketebalan lapisan dari arus 1 Ampere yaitu rata-rata 2.47 μm menjadi rata- rata 3.5 μm pada arus 2 Ampere,

hal ini disebabkan oleh lapisan aluminium oksida yang terbentuk makin banyak dan rapat sejalan dengan naiknya arus listrik sehingga ketebalan lapisanpun makin meningkat. Kemudian dari arus listrik 2 Ampere ke 3 Ampere ketebalan lapisan meningkat lagi menjadi rata-rata 4.16 μm . Sehingga diantara perubahan arus pada penelitian ini, arus 3 Ampere menghasilkan ketebalan lapisan yang paling tinggi.

5. Kesimpulan

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

1. Semakin besar kuat arus yang digunakan yaitu dari 1 Ampere, 2 Ampere dan sampai 3 Ampere, maka menghasilkan peningkatan kekerasan rata-rata sebesar 87.35 gr/ μm , 100.54 gr/ μm , dan 112.23 gr/ μm maupun ketebalan lapisan rata-rata sebesar 2.47 μm , 3.5 μm , dan 4.16 μm .
2. Semakin lama waktu pencelupan yang digunakan yaitu dari 10 menit, 20 menit, dan sampai 30 menit, maka menghasilkan peningkatan kekerasan rata-rata sebesar 90.78 gr/ μm , 97.91 gr/ μm , dan 111.42 gr/ μm maupun ketebalan lapisan rata-rata sebesar 2.83 μm , 3.30 μm , dan 4 μm .
3. Ada hubungan interaksi dimana semakin besar arus listrik dan waktu pencelupan yaitu 3 Ampere dan waktu pencelupan 30 menit, maka sama-sama menghasilkan peningkatan kekerasan dan ketebalan lapisan yaitu arus listrik 3 Ampere rata-rata sebesar 112.23 gr/ μm dan waktu pencelupan 30 menit rata-rata sebesar 111.42 gr/ μm maupun ketebalan lapisan dengan arus listrik 3 Ampere rata-rata sebesar 4.16 μm dan waktu pencelupan 30 menit rata-rata sebesar 4 μm .

Daftar Pustaka

- [1] Anonimus. *Anodizing*. <http://en.wikipedia.org/wiki/Anodizing>. Diakses tanggal 1 Oktober 2008.
Anonimus. *MetalsAluminum*. <http://www.artmetal.com/project/TOC/finishes/ anodize.htm>. Diakses tanggal 30 Oktober 2008.
- [2] Beurner, B.J.M, 1978, *Ilmu Bahan Logam*. PT. Bhratara Karya Aksara, Jakarta.
- [3] BPPT. 1998. *Teknologi Pelapisan Logam Secara Listrik*. Program Penerapan IPTEK di Daerah: Jakarta.
- [4] Hartono, J. Anton dan Tomijiro Kaneko. 1992. *Mengenal Pelapisan Logam (Elektroplating)*. Andi Offset: Yogyakarta.
- [5] Lowenheim, Frederick. 1978. *Electroplating*. McGraw-Hill Book Company: New York.
- [6] Newman, Ron. *Anodizing Aluminum*. <http://www.focuser.com/atm/anodize/anodize.html>. Diakses tanggal 1 Oktober 2008.
- [7] Saleh, AA. *Pelapisan Logam*. Balai Besar Pengembangan Industri Logam dan Mesin: Jakarta.
- [8] Totten, Von George E. *Handbook of Aluminum*. <http://books.google.at/books?id=XlmAKOjvnrgC&pg=PA498&dq=anodizing&ei=qdIGSYn5JozAzAT80LjSCw#PPA507,M1>. Diakses tanggal 30 Oktober 2008.
- [9] Xiaohong, Wu. 2007. *White anodize thermal on LY12 Aluminium Alloy*. Harbin Institute of Technology, Harbin 150001 : China
- [10] Young, Matt, 1991, *Optics and Lasers: Fourth d Edition*. DOVER PUBLICATIONS, INC., New York. *Revise*