

PENGARUH VARIASI LARUTAN ELEKTROLIT TERHADAP WARNA DAN KEKERASAN LAPISAN HASIL PROSES ANODIZING

Oleh:

Andrea Indra Lasmana, Wahono, Maftuchin Romlie
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang
E-mail: andreaindralasmana@gmail.com

Abstrak. *Anodizing* merupakan teknik pelapisan logam dengan cara mengonversi permukaan logam membentuk lapisan oksida secara elektrolisis, yang salah satu tujuannya adalah meningkatkan nilai kekerasan lapisan dan meningkatkan kemampuan adhesi cat. Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh variasi larutan elektrolit terhadap warna dan kekerasan lapisan hasil proses *anodizing*. Elektrolit yang digunakan adalah larutan asam sulfat, larutan asam nitrat, dan larutan asam fosfat dengan persentase 15%. Spesimen adalah aluminium tipe 1100 kadar kemurnian 99,00%, tegangan 12 Volt, waktu rendam 30 menit pada *room temperature*, dan pewarna pada proses *coloring* adalah pewarna tinta warna magenta. Berdasarkan hasil analisis data, nilai kekerasan lapisan secara urut dari yang paling tinggi dihasilkan pada perlakuan *anodizing* menggunakan larutan asam nitrat yaitu 46,87 HV, perlakuan menggunakan larutan asam sulfat yaitu 46,40 HV, dan perlakuan menggunakan larutan asam fosfat yaitu 41,24 HV. Untuk warna yang dihasilkan pada tahap *coloring* didapatkan nilai ΔE^* dari yang terdekat dengan *standard magenta color codes* adalah perlakuan menggunakan larutan asam sulfat dengan nilai 48,58, perlakuan menggunakan larutan asam fosfat dengan nilai 73,06, dan perlakuan menggunakan larutan asam nitrat dengan nilai 74,47.

Kata kunci: *anodizing*, *coloring*, elektrolit, kekerasan lapisan, warna.

“Aluminium adalah logam terpenting dari logam nonferrous, penggunaan aluminium sebagai logam tiap tahunnya adalah yang kedua setelah besi dan baja” (Surdia, 1985: 129). “Dari beberapa logam yang ada, aluminium sering dipergunakan karena memiliki sifat-sifat yang unggul seperti kuat, ringan, mudah ditempa, dan lain-lain” (Istiyono, 2008), sedangkan kebutuhan pasar dunia terhadap logam aluminium tidak hanya sebatas pada keistimewaan sifat fisiknya saja, namun kini mendapat perhatian khusus dari kesan estetika, menjadikan nilai tambah dari produk yang dihasilkan. Salah satu usaha untuk meningkatkan karakteristik fisis berupa kekerasan lapisan dan kemampuan adhesi cat guna menambah nilai este-

tika logam aluminium adalah dengan pelapisan secara anodic, atau yang populer dengan sebutan *anodizing*. *Anodizing* menurut Rajagopal (2000:250) merupakan pelapisan logam dengan cara mengoksidasi permukaan logam aluminium secara elektrolitik yang tujuannya menghasilkan lapisan oksida mencapai ketebalan tertentu dan karakteristik lainnya. Menurut Reidenbach (1994: 1443) pembentukan lapisan oksida pada proses *anodizing* dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis larutan elektrolit, densitas arus, dan waktu saat *anodizing*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi larutan elektrolit pada proses *anodizing*, selanjutnya akan ditemukan jenis larutan elektrolit yang paling memudahkan

aluminium untuk menyerap warna pada proses anodic coloring dan menghasilkan kekerasan lapisan yang lebih baik dibandingkan dengan aluminium yang tidak mendapatkan perlakuan anodizing.

METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian kuantitatif, karena di dalamnya meneliti populasi dan sampel, pengumpulan data menggunakan instrument penelitian, analisis data bersifat kuantitatif/statistik, dan dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah diterapkan.

Data dalam penelitian ini merupakan data nilai kekerasan lapisan oksida dan nilai koordinat warna. Pada data nilai kekerasan lapisan oksida, data diolah dengan mendeskripsikan hasil rata-rata nilai kekerasan, sehingga digunakannya analisis data statistik deskriptif, juga digunakannya analisis data statistik inferensial parametrik yang tujuannya untuk menguji signifikansi perbedaan antarvariabel menggunakan uji *one way anova* taraf signifikansi 0,05 atau tingkat kepercayaan sebesar 95% dengan bantuan SPSS 17 for windows. Pada data nilai koordinat warna, analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif berdasarkan nilai ΔE^* untuk mengetahui perbedaan antarvarian.

Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan eksperimental, karena untuk mengetahui ada atau tidak adanya pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendali/terkontrol. Rancangan eksperimen untuk penelitian ini berbentuk *Pre-experimental Design (non design)*, sebab masih ada kemungkinan variabel luar yang dapat mempengaruhi variabel dependen. Dalam *Pre-experimental Design (non design)* penelitian ini dapat

digolongkan sebagai *One Group Pretest-Posttest Design* dengan bentuk penelitian yang terdapat suatu kelompok yang ada *pretest* sebelum diberi perlakuan (*treatment*) kemudian diobservasi hasil dari perlakuan tersebut.

Pada penelitian ini terdapat beberapa instrumen penelitian, yaitu instalasi *anodizing* yang dibuat dan instrumen uji. Berikut merupakan spesifikasi dari instalasi *anodizing* dalam penelitian ini: (1) Bejana instalasi terbuat dari plastik PP Polipropelen (2) Dimensi bejana yang digunakan berukuran panjang 21 cm x lebar 15 cm x tinggi 13 cm dengan ketebalan sebesar 2,5 mm (3) Volume larutan yang dapat ditampung oleh bejana *anodizing* sebanyak 3 liter (4) Pada bagian atas bejana *anodizing* diberi plat tembaga dengan jumlah sebanyak 3 buah yang berfungsi sebagai penghantar arus listrik, pada katoda sebanyak 2 buah plat dan sebagai penghantar arus listrik anoda sebanyak 1 buah plat (5) *Rectifier (DC Power Source)* dengan *output* tegangan maksimal 12 V dan arus maksimal 10 Ampere (6) Kabel berwarna merah sebagai penghantar arus listrik anoda dengan penjepit buaya berukuran sedang untuk menjepit kabel tembaga (7) Kabel berwarna hitam sebagai penghantar arus listrik katoda dengan penjepit buaya berukuran sedang untuk menjepit kabel tembaga (8) Kawat tembaga berukuran panjang 12 cm sebanyak 3 buah dan penjepit aligator untuk penempatan benda kerja (9) 3 buah *Beaker glass* ukuran 0,6 liter wadah cairan kimia untuk keperluan *surface treatment* (10) Wadah plastik untuk keperluan *rinsing, coloring, dan sealing* (11) Aluminium tipe 1100 berukuran 160 mm x 130 mm sebagai katoda (12) Jarak antara Anoda dan katoda masing-masing sejauh 80 mm (13) Volume larutan elektrolit yang

digunakan sebesar 2,5 liter yang terdiri dari 85% aquades dan 15% elektrolit. Dengan bahan dalam penelitian meliputi: (1) Aluminium tipe 1100 dengan kadar kemurnian $\geq 99,00\%$ (2) Larutan asam nitrat untuk keperluan proses *desmutting* dan sebagai elektrolit dalam proses *anodizing* (3) Larutan NaOH untuk keperluan proses *etching* (4) Larutan asam sulfat sebagai elektrolit dalam proses *anodizing* dan untuk keperluan *degreasing* (5) Larutan asam fosfat sebagai elektrolit dalam proses *anodizing* (6) Aquades sebagai pelarut cairan kimia untuk dijadikan larutan (7) Pewarna kimia untuk proses *coloring* aluminium setelah aluminium melalui proses *anodizing*. Pewarna yang digunakan adalah tinta print warna magenta.

Untuk instrumen uji yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *Micro Hardness Vickers* tipe EW-412AAT merk ESE-WAY, merupakan alat uji yang digunakan untuk mengukur tingkat kekerasan lapisan dari spesimen hasil pelapisan anodik dengan visual digital dan perhitungan nilai kekerasan (HVN) secara otomatis, uji kekerasan lapisan oksida pada penelitian ini menggunakan *Micro Hardness Vickers* mengacu pada standar ASTM E92, dan *Color Reader* seri CR-10, merupakan alat uji yang digunakan untuk mengukur perbedaan warna yang dihasilkan dari proses *coloring* yang mengacu pada koordinat warna dan CIE $L^*a^*b^*$ color model.

Dalam penelitian ini, spesimen yang digunakan adalah aluminium tipe 1100 dengan kadar kemurnian $\geq 99,00\%$ jumlah spesimen yang digunakan yaitu sebanyak 9 spesimen, dengan tiap perlakuan diwakili tiga spesimen. Penentuan setiap perlakuan diwakili oleh tiga spesimen karena adanya asumsi dengan jumlah tersebut dirasa telah dapat mewakili hasil dengan mengambil

rata-ratanya. Hal ini direlevansikan dengan apa yang dikemukakan oleh Sugiyono (2013: 127) yaitu “untuk populasi benda, maka jumlah sampel yang diperlukan 1% saja sudah bisa mewakili”. Pembentukan spesimen untuk penelitian ini dilakukan dengan cara pemotongan spesimen plat aluminium dengan tebal 1,2 mm, panjang 40 mm, dan lebar 15 mm, sebanyak 9 buah.

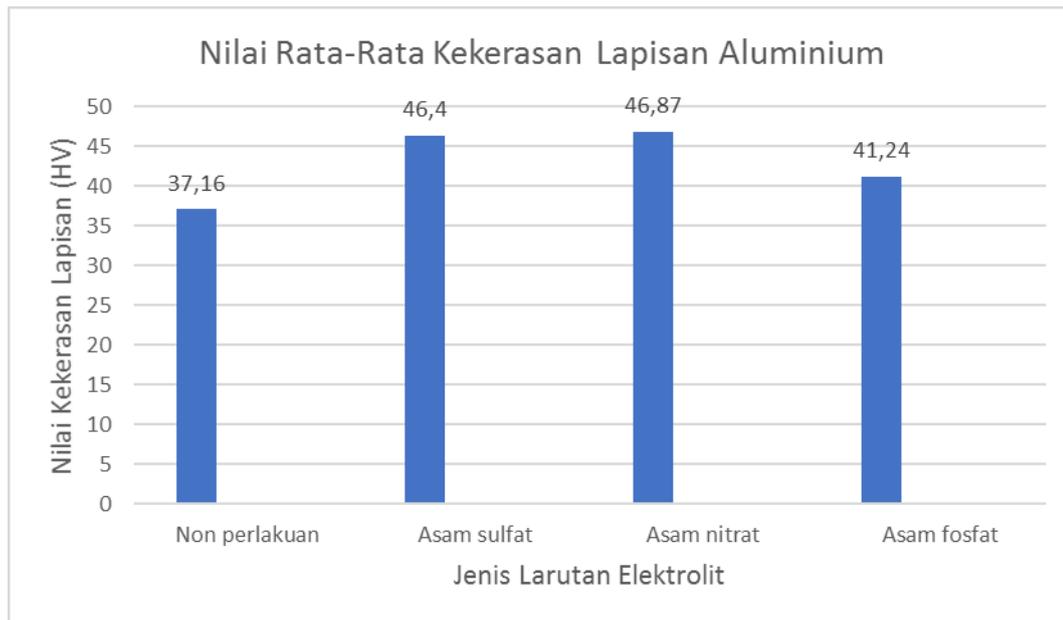
Prosedur penelitian meliputi: (1) Langkah persiapan benda kerja (2) Proses pembuatan instalasi *anodizing* (3) *Surface treatment* yang dijelaskan oleh Sato (1997) dalam Indrayana (2013:14), yaitu *degreasing*, *etching*, *desmutting*, *rinsing*, dan *drying* (4) Proses *anodizing* (5) Pewarnaan spesimen (6) Uji warna (7) Uji kekerasan lapisan (8) Pengolahan data.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Kekerasan Lapisan

Data nilai rata-rata kekerasan lapisan oksida aluminium non perlakuan *anodizing* dan perlakuan *anodizing* menggunakan variasi jenis larutan elektrolit asam sulfat, larutan asam fosfat, dan larutan asam nitrat disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut.

Dari Gambar 1, tentang grafik nilai kekerasan lapisan aluminium non perlakuan *anodizing* dan perlakuan *anodizing* menggunakan variasi jenis larutan elektrolit asam sulfat, asam fosfat, dan asam nitrat dapat diketahui terjadi peningkatan nilai kekerasan lapisan antara aluminium yang tidak mendapatkan perlakuan *anodizing* dengan aluminium yang mendapat perlakuan *anodizing* dengan nilai rata-rata kekerasan lapisan dari yang tertinggi hingga yang terendah adalah *anodizing* dengan menggunakan jenis larutan elektrolit asam nitrat, asam sulfat, dan asam fosfat.



Gambar 1. Grafik Rata-Rata Hasil Kekerasan Lapisan Oksida Aluminium dengan Perlakuan Anodizing Jenis Larutan Elektrolit Asam Sulfat, Asam Nitrat, dan Asam Fosfat.

Adapun hasil dari uji *one way anova* untuk menjawab hipotesis ada pengaruh variasi larutan elektrolit terhadap kekerasan lapisan hasil proses *anodizing* dengan uji prasyarat normalitas dan homogenitas yang menyatakan bahwa data berdistribusi normal dan populasi adalah identik, dengan terpenuhinya prasyarat tersebut maka *one way anova* dapat dilakukan. Dari uji *one way anova* menyatakan bahwa nilai rata-rata kekerasan lapisan aluminium setelah mendapat perlakuan *anodizing* dengan variasi jenis larutan elektrolit asam sulfat, asam nitrat, dan asam fosfat tersebut berbeda. Signifikansi perbedaan *mean* masing-masing perlakuan juga dapat diketahui secara jelas pada *post hoc test* yang menunjukkan *mean* perlakuan menggunakan larutan elektrolit asam sulfat dan perlakuan menggunakan larutan elektrolit asam nitrat tidak memiliki perbedaan yang signifikan.

Menurut Mukhorov (2008) ketebalan dan kekerasan lapisan oksida tergantung pada jenis dan komposisi elektrolit yang

digunakan. Dari faktor elektrolit yang digunakan dalam proses *anodizing* pada penelitian ini, perbedaan nilai kekerasan lapisan dari setiap perlakuan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu golongan larutan elektrolit, derajat ionisasi larutan, konsentrasi ion $[H^+]$ pada larutan, serta sifat dari senyawa asam dalam larutan.

Pengujian Warna

Pewarna yang digunakan dalam proses *anodic coloring* pada penelitian ini menggunakan tinta print warna magenta. Warna yang dihasilkan pada lapisan diukur dengan menggunakan *color reader* CR-10, kemudian dihitung nilai ΔE^* (Total perbedaan warna) dengan menggunakan rumus:

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Untuk warna magenta sendiri, dalam CIE derajat L^* , a^* , dan b^* ditentukan seperti pada Tabel 1.

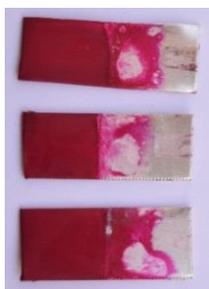
Tabel 1. Magenta Color Codes

Hex color code	#ff0097	CIE-LAB	55.583, 86.354, -8.641
RGB decimal	rgb (255, 0, 151)	XYZ	46.827, 23.5, 31.347
RGB percent	rgb (100%, 0%, 59.2%)	XyY	0.461, 0.231, 23.5
CMYK	0, 100, 41, 0	CIE-LCH	55.583, 86.786, 354.286
HSL	hsl (324.5, 100%, 50%)	CIE-LUV	55.583, 131.38, -28.652
HSV (or HSB)	324.0, 100, 100	Hunter-Lab	48.476, 87.594, -4.406
Web safe	#ff0099	RGB Binary	11111111, 00000000, 10010111

(sumber: <https://colorlib.com/etc/metro-colors/>)**Tabel 2. Hasil Warna Lapisan dengan Perlakuan Anodizing Variasi Jenis Larutan Elektrolit Asam Sulfat, Asam Nitrat, dan Asam Fosfat serta ΔE^* terhadap CIE-LAB Magenta Color Codes**

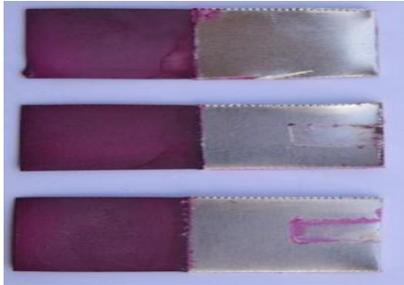
No.	Perlakuan	Spesimen	koordinat warna			ΔE^*
			L*	a*	b*	
1	Asam Sulfat	1	44,65	40,25	2,4	48,58
		2	46,05	38,4	1,05	
		3	47,3	39,65	-5	
	Rata-rata	46	39,43	-0,51		
2	Asam Nitrat	1	79,9	14,65	-3,7	74,47
		2	78,7	16,6	-6,1	
		3	78,7	16	-7,65	
	Rata-rata	79,1	15,75	-5,81		
3	Asam Fosfat	1	45,65	13,6	-4	73,06
		2	45,3	14,25	-4,45	
		3	45,25	14,65	-3,4	
	Rata-rata	45,4	14,16	-3,95		

Berikut merupakan hasil warna lapisan dengan perlakuan *anodizing* variasi jenis larutan elektrolit asam sulfat, asam nitrat, dan asam fosfat serta ΔE^* terhadap CIE-LAB *magenta color codes*. Berikut gambar hasil warna permukaan spesimen dengan perlakuan *anodizing* menggunakan jenis larutan elektrolit asam sulfat.

**Gambar 2. Warna Permukaan Spesimen Hasil Perlakuan Anodizing dengan Elektrolit Asam Sulfat**

Jika mengamati gambar spesimen di atas, dapat kita lihat bahwa warna yang dihasilkan dari perlakuan *anodizing* dengan menggunakan jenis larutan elektrolit asam sulfat menghasilkan warna lapisan kemerahan pekat, sedangkan warna pada pewarna yang digunakan adalah magenta. Dari tabel 2 tentang hasil warna permukaan spesimen perlakuan *anodizing* menggunakan larutan elektrolit asam sulfat, dapat disimpulkan nilai rata-rata dari koordinat L* adalah 46, koordinat a* adalah 39,43 yang menyatakan warna tersebut berada pada area kemerahan, dan koordinat b* adalah -0,51 yang menyatakan warna tersebut berada di area kebiruan, dan nilai $\Delta E^* = 48,58$ dengan pembandingan *magenta color codes*.

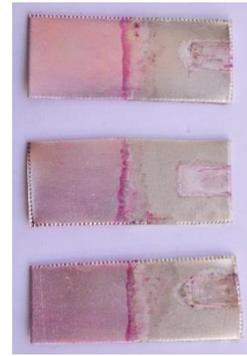
Berikut gambar hasil warna permukaan spesimen dengan perlakuan *anodizing* menggunakan jenis larutan elektrolit asam nitrat.



Gambar 3. Warna Permukaan Spesimen Hasil Perlakuan *Anodizing* dengan Elektrolit Asam Nitrat

Jika mengamati gambar spesimen di atas, dapat kita lihat bahwa warna yang dihasilkan dari perlakuan *anodizing* dengan menggunakan jenis larutan elektrolit asam nitrat menghasilkan warna lapisan keunguan, sedangkan warna pada pewarna yang digunakan adalah magenta. Dari tabel 2 tentang hasil warna permukaan spesimen perlakuan *anodizing* menggunakan larutan elektrolit asam nitrat, dapat disimpulkan nilai rata-rata dari koordinat L^* adalah 79,1, koordinat a^* adalah 15,75 yang menyatakan warna tersebut berada pada area kemerahan, dan koordinat b^* adalah -5,81 yang menyatakan warna tersebut berada di area kebiruan, dan nilai $\Delta E^* = 74,47$ dengan pembandingan *magenta color codes*. Berikut gambar hasil warna permukaan spesimen dengan perlakuan *anodizing* menggunakan jenis larutan elektrolit asam fosfat.

Jika mengamati gambar spesimen di atas, dapat kita lihat bahwa warna yang dihasilkan dari perlakuan *anodizing* dengan menggunakan jenis larutan elektrolit asam fosfat menghasilkan warna lapisan merah pucat sedangkan warna pada pewarna yang digunakan adalah magenta.



Gambar 4. Warna Permukaan Spesimen Hasil Perlakuan *Anodizing* dengan Elektrolit Asam Fosfat

Dari Tabel 2 tentang hasil warna permukaan spesimen perlakuan *anodizing* menggunakan larutan elektrolit asam fosfat, dapat disimpulkan nilai rata-rata dari koordinat L^* adalah 45,4, koordinat a^* adalah 14,16 yang menyatakan warna tersebut berada pada area kemerahan, dan koordinat b^* adalah -3,95 yang menyatakan warna tersebut berada di area kebiruan, dan nilai $\Delta E^* = 73,06$ dengan pembandingan *magenta color codes*.

Perbedaan kemampuan penyerapan warna oleh lapisan oksida hasil proses *anodizing* menurut Lowenheim (1978) disebabkan oleh perbedaan struktur dari lapisan oksida berupa ukuran *porous* yang terbentuk dari setiap jenis elektrolit yang digunakan, juga dipengaruhi oleh ketebalan lapisan oksida yang nilainya berbanding lurus dengan kekerasan lapisan oksida. Disimpulkan bahwa karakteristik dari lapisan oksida yang terbentuk akan sangat mempengaruhi adhesi pewarnaan.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian “Pengaruh Variasi Larutan Elektrolit terhadap Warna dan Kekasaran Lapisan Hasil Proses *Anodi-*

zing” dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut. (1) Ada pengaruh variasi larutan elektrolit terhadap kekerasan lapisan hasil proses *anodizing*, yang dibuktikan dari perbedaan nilai rata-rata kekerasan lapisan di tiap perlakuan, dengan nilai kekerasan dari yang paling tinggi ke rendah adalah perlakuan *anodizing* dengan menggunakan larutan asam nitrat yaitu 46,87 HV, perlakuan menggunakan larutan asam sulfat yaitu 46,40 HV, dan perlakuan menggunakan larutan asam fosfat yaitu 41,24 HV. (2) Ada perbedaan warna lapisan yang dihasilkan dari proses *coloring* dengan memvariasikan jenis larutan elektrolit pada proses *anodizing*, yang dibuktikan oleh nilai ΔE^* dari yang terdekat dengan *standard magenta color codes* adalah perlakuan menggunakan larutan asam sulfat dengan nilai 48,58, perlakuan menggunakan larutan asam fosfat dengan nilai 73,06, dan perlakuan menggunakan larutan asam nitrat dengan nilai 74,47.

DAFTAR RUJUKAN

- Indrayana, Wanda. 2013. *Pengaruh Kuat Arus dan Tegangan Listrik terhadap Kekerasan dan Ketebalan Lapisan Permukaan Aluminium 6061 Hasil Hard Anodizing dengan Konsentrasi 1 mol Asam Fosfat*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Istiyono E., Sari R.Y.A. & Adi B.S. 2008. *Pengelolaan Limbah Industri Penyeputan Logam Perak (Elektroplating) Di Lingkungan Pengrajin Perak Kecamatan Kotagede*. Artikel Program Penerapan IPTEKS. 023/SP2H/PPM/DP2M/II/2008.
- Lowenheim, F.A. 1978. *Electroplating*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Mukhurov, N.I., Zhvayi, S.P., Terekhov, S.N. 2008. *Influence of Electrolyte Composition on Photoluminescent Properties of anodic Aluminum Oxide*. *Journal of Applied Spectroscopy*, Vol.75:214-217.
- Rajagopal, C. 2000. *Conversion Coating A Reference for Phosphatic, Chromating, and Anodizing Process*. New Delhi, India: Tata Mcgraw-Hill Publishing Company.
- Reidenbach, F. 1994. *ASM Handbook: Surface Engineering*, Vol. 5. ASM International: Materials Park.
- Sato.1997. *Theories of Anodized Aluminium-100 Q&A*, (Online), (<http://www.mc.shibaura-it.ac.jp/plaza/index.html>), diakses 23 Oktober 2015.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat beberapa hal yang disarankan, antara lain: (1) Melakukan penelitian dengan memvariasikan parameter-parameter lain yang dapat mempengaruhi proses *anodizing*, salah satunya adalah memvariasikan jenis elektrolit yang belum diteliti serta memperhatikan konsentrasinya. (2) Dalam proses *anodizing*, sebaiknya diperhatikan tingkat kemurnian aluminium pada benda kerja yang akan dikerjakan, karena semakin tinggi kadar kemurnian aluminium, maka semakin baik pula hasil *anodizing* yang berdampak pada warna yang dihasilkan dari proses *coloring*. (3) Pihak Industri agar berhubungan baik dengan pihak akademis, guna penyebaran informasi tentang teknologi terbaru dan perkembangan IPTEK.

- Standart Test Method For Vickers Hardness Of Metallic Material*. 1997. ASTM Standards
- Sugiyono. 2013. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Surdia, Tata & Saito Shinroku. 1985. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Pradnya Paramita.