

PENGARUH VARIASI WAKTU DAN BEDA TEGANGAN PADA PROSES ANODIZING TERHADAP KEKERASAN PERMUKAAN ALUMINIUM DAN KETEBALAN LAPISAN OKSIDA

Heru Kurniawan¹⁾, Catur Pramono²⁾, Sri Widodo³⁾

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar

email: ¹herukurniawan490@gmail.com, ²caturpramono@untidar.ac.id, ³sriwidodo@untidar.ac.id

Abstrak

Aluminium seri 1100 merupakan material yang jarang dipakai untuk keperluan manufaktur di industri otomotif karena sifatnya yang lunak. Oleh karena itu, untuk menambah nilai fungsi dari aluminium seri 1100 agar bisa digunakan untuk bahan pembuatan *velg racing*, perlu adanya proses lagi setelah dibentuk, salah satunya dengan proses *anodizing* untuk memperbaiki sifat mekanis material. Dari permasalahan tersebut, penulis meneliti efek *anodizing* pada aluminium seri 1100 dengan variasi waktu yang digunakan 10 menit, 20 menit, dan 30 menit dengan tegangan 10 volt. Berdasarkan hasil variasi waktu terbaik kemudian di variasikan tegangan 10 volt, 20 volt, dan 30 volt. Hasil uji komposisi kimia spesimen menunjukkan bahwa kandungan aluminium 99,30% dan tergolong aluminium seri 1XXX. Nilai rata-rata kekerasan *vickers* tanpa *anodizing* sebesar 46,86 VHN. Nilai kekerasan *vickers* terbaik pada aluminium seri 1100 didapatkan dengan lama waktu *anodizing* 30 menit tegangan 10 volt dengan nilai rata-rata 68,21 VHN, dan nilai rata-rata kekerasan *vickers* optimum pada aluminium seri 1100 setelah di *anodizing* dengan tegangan listrik 20 volt selama 30 menit sebesar 76,86 VHN. Nilai terbaik ketebalan lapisan oksida pada aluminium seri 1100 setelah di *anodizing* selama 30 menit dengan tegangan 10 volt sebesar 76,48 μm , dan nilai tertinggi ketebalan lapisan oksida pada aluminium seri 1100 setelah di *anodizing* dengan tegangan 20 volt selama 30 menit sebesar 88,81 μm .

Kata kunci: aluminium, *anodizing*, kekerasan, ketebalan

Abstract

1100 series aluminum is rarely used for manufacture in automotive industry purposes because its soft. Therefore, to add the function scores of 1100 series aluminum which is used for material manufacture of racing wheels it is necessary to have another proces after being formed by anodizing process to repair the mechanical propeties of the material. According to the problems, the writer examined the effect of anodizing in 1100 series aluminum with used 10 minutes, 20 minutes, and 30 minutes variations of time with 10 volt voltage. Based on the results of the best time variations are varied with 10 volt, 20 volt, and 30 volt voltage. The specimens which is used are 1100 series aluminum. The result of chemical composition test, test specimen showed that aluminum matrix was 99,30% and classified as 1XXX series aluminum. The best score of vickers hardness in 1100 series aluminum were obtained 30 minute time anodizing with 10 volt voltage which have average score 68,21 VHN, and the best score average of vickers hardness in 1100 series aluminum after anodizing were 20 volt electrical voltage with 30 minute time have score 76,86 VHN. The best score of oxide layer thickness in 1100 series aluminum after anodizing were 30 minute time anodizing with 10 volt voltage which have score 76,48 μm , and best score of oxide layer thickness in 1100 series aluminum after anodizing were 20 volt voltage with 30 minute time have score 88,81 μm .

Keywords: aluminum, anodizing, hardness, thickness

1. PENDAHULUAN

Seiring perkembangan zaman semakin modern penggunaan aluminium semakin meningkat salah satunya di dunia industri otomotif dan di kehidupan sehari-hari. Itu semua karena aluminium memiliki keunggulan tersendiri yang membuat bahan aluminium ini banyak dipakai. Aluminium adalah logam berwarna putih keperakan yang lunak dan merupakan logam yang banyak digunakan di bidang teknik karena mempunyai keunggulan antara lain ringan, dan mempunyai sifat mampu bentuk.

Aluminium seri 1100 adalah jenis aluminium murni 99% dan merupakan bahan yang jarang dipakai untuk keperluan manufaktur di industri otomotif karena sifatnya yang lunak. Namun, aluminium seri 1100 mempunyai kelebihan dengan berat yang sangat ringan dibanding aluminium paduan lainnya. Oleh karena itu, untuk menambah nilai fungsi dari aluminium seri 1100 agar bisa digunakan untuk bahan pembuatan *velg racing* maupun bodi mobil perlu adanya proses lagi setelah dibentuk, salah satunya dengan proses *anodizing* untuk memperbaiki sifat mekanis seperti kekerasan pada permukaan aluminium.

Proses *anodizing* pada aluminium seri 1100 ini merupakan salah satu usaha untuk memperbaiki sifat mekanis dari aluminium seri 1100 agar mendapatkan suatu lapisan yang lebih keras dan kuat, selain itu juga untuk mendapatkan permukaan aluminium yang bertekstur.

Permasalahan yang muncul oleh peneliti adalah minimnya informasi tentang pengaruh waktu dan tegangan yang digunakan dalam proses *anodizing*. Hal yang akan diteliti oleh penelitian ini, seberapa besar pengaruh waktu dan tegangan listrik yang digunakan selama proses *anodizing* terhadap sifat dari hasil pembentukan lapisan oksida dengan melakukan pengujian kekerasan dan ketebalan lapisan aluminium oksida yang terbentuk.

Beberapa penelitian dengan obyek penelitian *anodizing* telah dilakukan antara lain sebagai berikut : Ketut Wisnu Arisudana Kusuma, A.A., dkk, (2014), *anodizing* logam aluminium dengan variasi beda potensial. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil *anodizing* yang terbaik terbentuk pada proses *anodizing* dengan beda potensial sebesar 25 V dengan ketebalan rata-rata yaitu 18,33 μm . Prabowo, S.C.,(2016), *anodizing* aluminium seri 1XXX dengan variasi waktu selama 5 menit, 10 menit, dan 15 menit dengan tegangan 18 volt. Kekerasan permukaan aluminium tertinggi terdapat pada waktu pencelupan selama 15 menit dengan nilai rata-rata 55,16 VHN dan ketebalan lapisan oksidanya 56,8 μm . Hermawan, H., (2017), meneliti tentang pengaruh kuat arus pada proses *anodizing* terhadap karakteristik *velg* mobil merk BSA. Hasil penelitian ini menjelaskan bahwa semakin besar kuat arus yang dipakai maka hasil kekerasan dan lapisan oksidanya semakin meningkat. Pamungkas, R.S., (2017), meneliti tentang pengaruh variasi waktu *anodizing* terhadap karakteristik *velg racing merk sprint* dengan variasi waktu yang digunakan 5 menit, 10 menit, dan 15 menit. Didapatkan hasil kekerasan vickers sebelum di *anodizing* dengan nilai rata-rata sebesar 70,2 VHN, *anodizing* dengan waktu 5 menit rata-rata sebesar 75,16 VHN, *anodizing* dengan waktu 10 menit rata-rata sebesar 86,49 VHN, dan *anodizing* dengan waktu 15 menit rata-rata sebesar 100,82 VHN, dan juga menghasilkan ketebalan lapisan oksida dengan lama waktu *anodizing* 5 menit sebesar 30,6 μm , *anodizing* dengan waktu 10 menit sebesar 39 μm , dan *anodizing* dengan waktu 15 menit sebesar 43,41 μm . Untung, A.Y.,(2016), dalam penelitiannya pengaruh variasi kuat arus listrik pada proses *anodizing* terhadap kekerasan permukaan logam aluminium seri 2XXX. Variasi arus listrik yang digunakan 1 ampere, 2 ampere, dan 3 ampere. Nilai kekerasan tertinggi setelah proses *anodizing* dan *dyeing* pada kuat arus 3 ampere sebesar 115,41 VHN dan 125,27 VHN, sedangkan nilai kekerasan terendah pada kuat arus 2 ampere sebesar 92,74 VHN dan 100,82 VHN. Ketebalan lapisan oksida tertinggi pada kuat arus 2 ampere sebesar 40 μm .

2. METODE PENELITIAN

Spesimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah plat aluminium seri 1100.

- 1) Plat aluminium dipotong-potong dengan ukuran $p \times l \times t = 30 \text{ mm} \times 20 \text{ mm} \times 4 \text{ mm}$, dengan menggunakan gergaji besi, kemudian diperhalus dengan ampelas seri P500, P800, P1000, P2000, dan P5000 untuk menghilangkan sisa pemotongan yang tidak rata, kemudian dilakukan *polishing* untuk memperhalus permukaan spesimen.
- 2) Sebelum proses *anodizing*, pada spesimen dilakukan proses *pretreatment* untuk menghilangkan kotoran sisa pengamplasan dan sisa *polishing*, dan juga untuk menghilangkan lapisan oksida yang terbentuk secara alami oleh udara bebas serta untuk mempersiapkan permukaan spesimen yang akan di *anodizing*. Proses *pretreatment* dilakukan dengan menggunakan detergen, bensin, soda api dan *aquadest*.
- 3) Spesimen yang telah siap selanjutnya dilakukan proses *anodizing* sesuai dengan parameter yang digunakan. Spesimen dicelupkan kedalam bak kaca yang sudah berisi larutan elektrolit yaitu *aquadest* (H_2O) 2 liter dan asam sulfat (H_2SO_4) 300 ml. Pada proses *anodizing* ini spesimen sebagai anoda (+) dan penghantar elektroda *inert* sebagai katoda (-) yaitu logam timbal (Pb). Sebelum spesimen dimasukkan kedalam bak kaca, atur terlebih dahulu tegangan listrik yang akan digunakan pada *Rectifier*. Setelah mendapat tegangan yang diinginkan kemudian spesimen dimasukkan kedalam bak kaca dan mulai menghitung waktu menggunakan *stopwact*. Waktu yang digunakan pada proses *anodizing* yaitu 10 menit, 20 menit, dan 30 menit dengan tegangan 10 volt. Berdasarkan hasil variasi waktu terbaik kemudian di variasikan tegangan 10 volt, 20 volt, dan 30 volt.
- 4) Setelah proses *anodizing* selesai dilanjutkan ke proses *sealing*, proses ini dilakukan untuk menutup kembali pori-pori lapisan aluminium oksida yang terbentuk. Pada proses ini menggunakan larutan *aquadest* (H_2O) sebanyak 1 liter dipanaskan sampai suhu $90 \text{ }^\circ\text{C} - 100 \text{ }^\circ\text{C}$ selama 20 menit, kemudian spesimen di *rinsing* menggunakan air bersih,
- 5) Setelah proses *anodizing* selesai, dilanjutkan proses pengujian seperti uji kekerasan *vickers* dan uji ketebalan lapisan oksida. Berdasarkan hasil pengujian kekerasan *vickers* dan uji ketebalan lapisan oksida akan didapatkan data yang diperlukan sebagai pembanding antara spesimen yang telah di *anodizing* dan spesimen tanpa *anodizing*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Uji Komposisi Kimia

Uji Komposisi kimia digunakan untuk mengetahui komposisi bahan spesimen aluminium seri 1100. Hasil uji komposisi kimia aluminium seri 1100 didapat hasil seperti tertera pada tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Kimia Aluminium seri 1100

Unsur	SAMPEL UJI	
	(%)	Deviasi
Al	99,30	0,0418
Si	0,0550	0,0087
Fe	<0,0500	<0,0000
Cu	0,163	0,0010
Mn	<0,0200	<0,0000
Mg	<0,0500	<0,0000
Cr	0,0857	0,0377
Ni	<0,0200	<0,0000
Zn	0,141	0,0419

Sn	<0,0500	<0,0000
Ti	<0,0100	<0,0000
Pb	<0,0300	<0,0000
Be	0,0001	0,0000
Ca	0,0034	0,0001
Sr	<0,0005	<0,0000
V	0,0232	0,0229
Zr	<0,0030	<0,0000

Berdasarkan hasil uji komposisi pada tabel 1 menunjukkan bahwa material aluminium seri 1100 kandungan aluminium (Al) mencapai 99,30 %, jika ditinjau dari ASM *Handbook* Vol. 2, maka termasuk jenis aluminium seri 1XXX.

3.2 Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan bahan bertujuan untuk menentukan ketahanan suatu bahan terhadap deformasi plastis apabila bahan tersebut diberi beban dai luar. Pengujian kekerasan bahan pada penelitian menggunakan metode indentasi mikro *vickers*, dimana pada permukaan material diberi beban sebesar 5 gf. Indentor berbentuk piramida intan dengan sudut antara permukaan berlawanan 136^o.

Nilai kekerasan *vickers* dapat dinyatakan dengan rumus (*Microhardness Tester Intructions and Maintenance Manual*) :

$$VHN = \frac{2 P \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{d^2} \dots\dots\dots (1)$$

$$VHN = \frac{1,854 \times P}{(d)^2}$$

dengan catatan :

VHN : *Vickers Hardness Number* (kg/mm²)

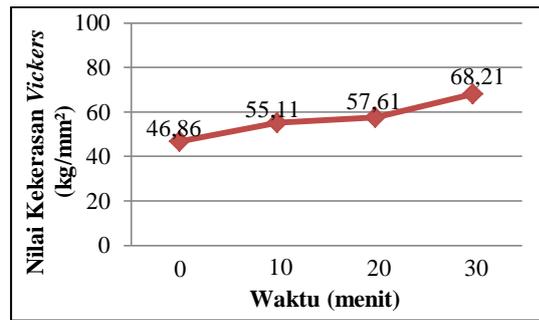
P : Beban (gf)

d : Diagonal rata-rata (µm)
dengan $d_{rata-rata} = \left(\frac{d_1+d_2}{2}\right)$

Hasil uji kekerasan *vickers* pada aluminium seri 1100 sebelum dan setelah di *anodizing* dengan waktu 10 menit, 20 menit, dan 30 menit dengan tegangan 10 volt ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Kekerasan *Vickers* dengan Variasi Waktu *Anodizing*

Waktu (menit)	<i>VHN</i>			
	1	2	3	Rata-rata
0	46,7	46,3	47,5	46,86
10	58,7	56,1	50,6	55,11
20	61,0	56,1	55,8	57,61
30	64,9	67,9	71,8	68,21



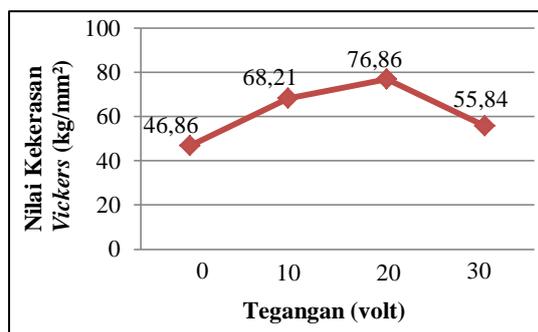
Gambar 1. Hasil Uji Kekerasan Vickers dengan Variasi Waktu Anodizing

Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa semakin lama waktu yang digunakan dalam proses *anodizing* maka nilai kekerasan material semakin meningkat. Hal tersebut disebabkan karena lapisan oksida yang terbentuk semakin tebal dan rapat, dimana lapisan oksida memiliki sifat yang lebih keras dibandingkan dengan logam induknya.

Berdasarkan hasil variasi waktu terbaik, kemudian dijadikan variabel tetap untuk di *anodizing* dengan variasi tegangan. Hasil uji kekerasan vickers pada proses *anodizing* dengan variasi tegangan 10 volt, 20 volt, dan 30 volt dengan waktu 30 menit (hasil terbaik variasi waktu) ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Kekerasan Vickers dengan Variasi Tegangan Anodizing

Tegangan (volt)	VHN			
	1	2	3	Rata-rata
0	46,7	46,3	47,5	46,86
10	64,9	67,9	71,8	68,21
20	78,3	77,9	74,4	76,86
30	54,8	58,5	54,3	55,84

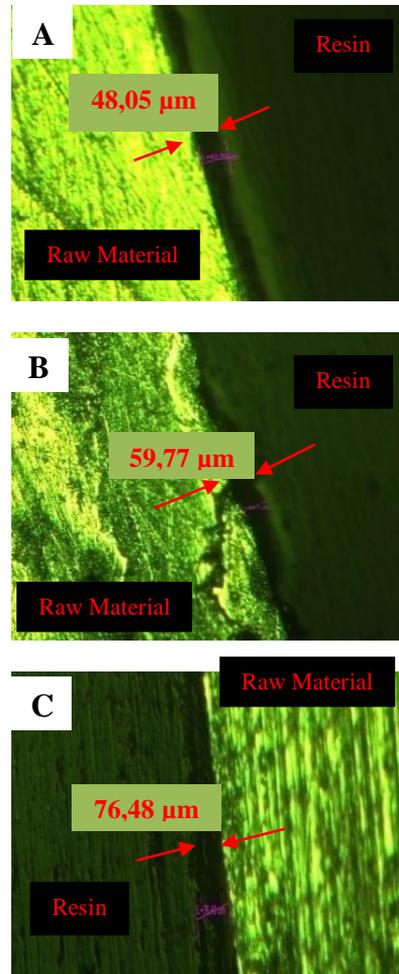


Gambar 2. Hasil Uji Kekerasan Vickers dengan Variasi Tegangan Anodizing

Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa semakin besar tegangan listrik yang digunakan dalam proses *anodizing* maka nilai kekerasannya semakin menurun. Hal ini disebabkan karena lapisan oksida yang terbentuk tidak rapat karena perpindahan ion-ion yang membentuk lapisan oksida akan semakin cepat dan pori-pori yang dihasilkan semakin besar seiring bertambah besar tegangan listrik yang digunakan.

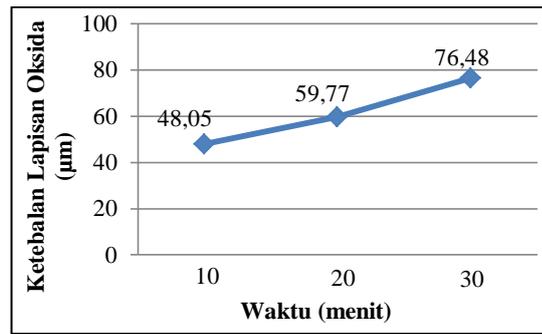
3.3 Uji Ketebalan Lapisan Oksida

Uji ketebalan lapisan oksida bertujuan untuk mengetahui seberapa besar ketebalan lapisan yang terbentuk pada aluminium seri 1100. Hasil pengujian ketebalan lapisan oksida pada *anodizing* dengan waktu 10 menit, 20 menit, dan 30 menit dengan tegangan 10 volt secara berurutan, ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Hasil Foto Pengujian Ketebalan Lapisan Oksida Dengan Variasi Waktu *Anodizing*

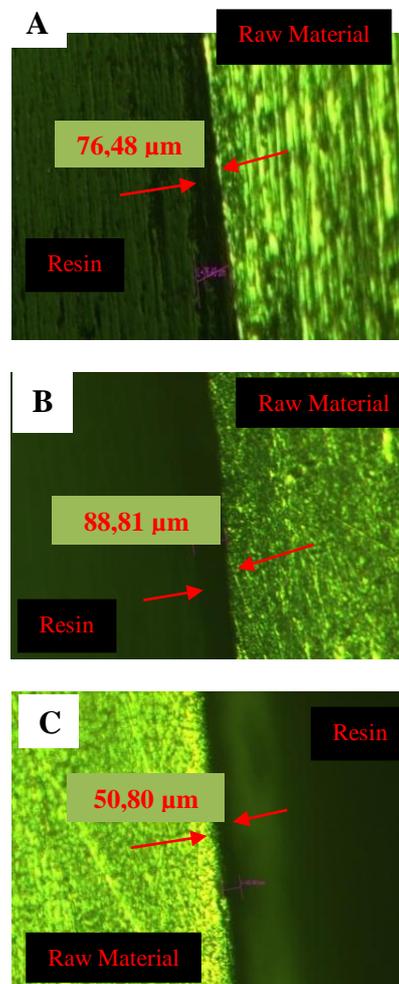
Berdasarkan hasil foto mikro ketebalan lapisan oksida pada gambar 3 menunjukkan spesimen (A) *anodizing* dengan lama waktu pencelupan 10 menit menghasilkan ketebalan rata-rata 48,05 μm, pada spesimen (B) *anodizing* dengan lama waktu pencelupan 20 menit ketebalan lapisan oksida semakin meningkat dengan tebal rata-rata 59,77 μm, dan pada spesimen (C) *anodizing* dengan lama waktu pencelupan 30 menit lapisan oksidanya terus bertambah dengan tebal rata-rata 76,48 μm. Hasil yang didapat kemudian dihubungkan menggunakan diagram grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Hasil Hubungan antara Ketebalan Lapisan Oksida yang diperoleh dengan Variasi Waktu *Anodizing*

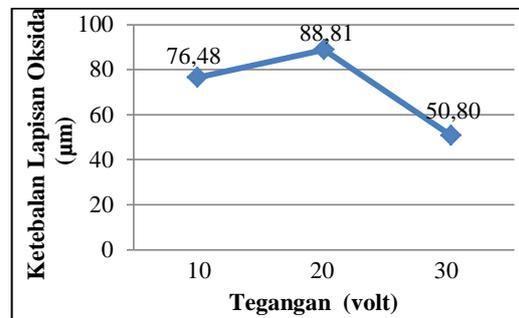
Berdasarkan gambar 4. dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu pencelupan pada proses *anodizing* pada aluminium seri 1100 maka akan bertambah juga ketebalan lapisan oksidanya. Hal ini disebabkan oleh ion-ion yang bertambah dan semakin rapat sehingga membentuk lapisan oksida yang semakin tebal seiring bertambahnya waktu pencelupan.

Berdasarkan hasil variasi waktu terbaik, kemudian dijadikan variabel tetap untuk di *anodizing* dengan variasi tegangan. Hasil uji ketebalan lapisan oksida pada proses *anodizing* dengan variasi tegangan 10 volt, 20 volt, dan 30 volt dengan waktu 30 menit (hasil terbaik variasi waktu) ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Hasil Foto Pengujian Ketebalan Lapisan Oksida Dengan Variasi Tegangan *Anodizing*

Berdasarkan hasil foto mikro ketebalan lapisan oksida pada gambar 5 menunjukkan spesimen (A) *anodizing* dengan tegangan listrik 10 volt menghasilkan ketebalan rata-rata 76,48 μm , spesimen (B) *anodizing* dengan tegangan listrik 20 volt ketebalan lapisan oksida semakin meningkat dengan tebal rata-rata 88,81 μm , dan spesimen (C) *anodizing* dengan tegangan listrik 30 volt lapisan oksidanya mengalami penurunan dengan ketebalan rata-rata 50,80 μm . Hasil yang didapat kemudian dihubungkan menggunakan diagram grafik yang ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Hasil Hubungan antara Ketebalan Lapisan Oksida yang diperoleh dengan Variasi Tegangan *Anodizing*

Berdasarkan gambar 6 dapat disimpulkan bahwa semakin besar tegangan listrik yang digunakan pada proses *anodizing*, maka ketebalan lapisan oksidanya mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena lapisan oksida yang terbentuk akan ikut larut karena temperatur elektrolit yang semakin meningkat seiring bertambah besar tegangan listrik yang digunakan dan juga lama waktu yang digunakan dalam proses *anodizing*.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan tentang, uji komposisi kimia, uji kekeasan mikro *vickers* dan uji foto mikro ketebalan lapisan oksida pada proses *anodizing* aluminium seri 1100, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Setelah dilakukan pengujian komposisi kimia pada plat aluminium seri 1100 didapatkan hasil dengan unsur (Al) aluminium sebesar 99,30 %, yang termasuk jenis aluminium seri 1XXX.
2. Nilai rata-rata kekerasan *vickers* (VHN) dengan variasi waktu *anodizing* 10 menit, 20 menit, dan 30 menit, didapatkan nilai kekerasan tertinggi pada proses *anodizing* dengan lama waktu 30 menit menunjukkan nilai kekerasan rata-ata sebesar 68,21 VHN.
3. Nilai rata-rata kekerasan *vickers* (VHN) pada proses *anodizing* dengan variasi tegangan 10 volt, 20 volt, dan 30 volt, didapatkan nilai kekerasan tertinggi pada proses *anodizing* dengan tegangan listrik 20 volt menunjukkan nilai kekerasan rata-rata sebesar 76,86 VHN.
4. Uji foto mikro ketebalan lapisan oksida dengan variasi waktu *anodizing* 10 menit, 20 menit, dan 30 menit, didapatkan ketebalan lapisan oksida tertinggi pada proses *anodizing* dengan lama waktu 30 menit menunjukkan nilai ketebalan lapisan oksida sebesar 76,48 μm .
5. Uji foto mikro ketebalan lapisan oksida pada proses *anodizing* dengan variasi tegangan 10 volt, 20 volt, dan 30 volt, didapatkan ketebalan lapisan oksida tertinggi pada proses *anodizing* dengan tegangan listrik 20 volt menunjukkan nilai ketebalan lapisan oksida sebesar 88,81 μm .

DAFTAR PUSTAKA

- ASM, ASM Metals Handbook vol. 8, 1998, *Mechanical Testing and Evaluation*
- Hafizh, A., 2009, *Aluminium Murni dan Paduannya*, Departemen Teknik Pertanian, ITB, Bogor
- Hartono, w., 2017, *Pengaruh Kuat Arus Listrik Terhadap Kekerasan, Kecerahan Dan Ketebalan Lapisan Oksida Hasil Proses Anodizing Pada Aluminium*, Skripsi, Program studi S1-Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- Hermawan, H., 2017, *Pengaruh Kuat Arus Pada Proses Anodizing Terhadap Karakteristik Velg Mobil Merk BSA*, Skripsi, Prodi Teknik Mesin (S1), UNTIDAR, Magelang
- Kusuma, A.A., Ketut A., Karyasa, I.W., dan Suardana, I N. 2014, *Anodizing Logam Aluminium dengan Variasi Beda Potensial*, Jurnal Kimia Visvitalis, Universitas Pendidikan Ganesha, Bali
- Pamungkas, R.S., 2017, *Pengaruh Variasi Waktu Anodizing Terhadap Karakteristik Velg Racing Merk Sprint*, Skripsi, Prodi Teknik Mesin (S1), UNTIDAR, Magelang
- Prabowo, S.C., 2016, *Pengaruh Variasi Waktu Anodizing terhadap Struktur Permukaan, Ketebalan Lapisan Oksida dan Kekerasan Alumunium IXXX*. Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhhamadiyah, Yogyakarta
- Untung, 2016, *Pengaruh Variasi Kuat Arus Listrik Pada Proses Anodizing Terhadap Kekerasan Permukaan Logam Alumunium Seri 2XXX*, Jurusan Teknik Mesin AKPRIND Yogyakarta