

PEMANFAATAN LIMBAH KALENG ALUMINIUM SEBAGAI KOMPONEN SEPEDA

Lancar Swasono Edy¹, Catur Pramono², Nani Mulyaningsih³

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar

lancarswasono@gmail.com¹, caturpramono@untidar.ac.id², nani_mulyaningsih@untidar.ac.id³

ABSTRAK

Aluminium merupakan logam yang dapat didaur ulang. Daur ulang aluminium dapat dilakukan dengan cara pengecoran. Hasil pengecoran aluminium biasa digunakan sebagai *handle* rem pada sepeda yang berfungsi sebagai awal mekanisme pengereman. Maka dari itu, diperlukan penelitian tentang sifat mekanis material hasil pengecoran limbah kaleng aluminium yang dapat dimanfaatkan sebagai komponen sepeda. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan mengamati perubahan-perubahan variabel pada variasi waktu pencelupan proses *anodizing* selama 30, 40, dan 50 menit. Hasil pengujian komposisi kimia pada spesimen hasil pengecoran limbah aluminium termasuk dalam aluminium seri 5xx.x dengan unsur yang dominan Al 97,60% dan Mg 1,155%. Hasil pengujian kekerasan tertinggi terjadi pada spesimen setelah di-*anodizing* selama 50 menit sebesar 52,797 kgf/mm², dan nilai kekerasan terendah terjadi pada spesimen setelah di-*anodizing* selama 40 menit sebesar 43,622 kgf/mm². Hasil pengujian struktur mikro menunjukkan permukaan miring, hal ini disebabkan oleh adanya inordinat arus *stockpile* selama sistem *anodizing*, menyebabkan pembusukan lapisan aluminium oksida ke dalam susunan elektrolit dalam jumlah besar dan menyebabkan pori-pori dari lapisan aluminium oksida. Hasil pengujian ketebalan lapisan oksida tertinggi terjadi pada spesimen setelah di-*anodizing* selama 50 menit sebesar 0,064 mm, dan nilai ketebalan lapisan oksida terendah terjadi pada spesimen setelah di-*anodizing* selama 30 menit sebesar 0,054 mm.

Kata kunci : daur ulang, *anodizing*, kekerasan, struktur mikro, ketebalan

ABSTRACT

Aluminum is a recyclable metal. Aluminum recycling can be done by casting. Aluminum casting results are commonly used as brake handles on bicycles which serve as the beginning of a braking mechanism. Therefore, a research is needed on the mechanical properties of aluminium can waste foundry materials which can be utilized as a bicycle components. This research used experimental methods by observing variable changes in the immersion time variation of the anodizing process for 30, 40, and 50 minutes. The results of this chemical composition testing on the aluminum waste casting result specimen belong to the aluminum series 5xx.x with the dominant elements Al 97,60% and Mg 1,155%. The highest hardness testing result occurs in the specimens which are anodized for 50 minutes at 52,797 kgf/mm², and the lowest one occurs in the specimens which are anodized for 40 minutes at 43,622 kgf/mm². The result of the microstructure test show a slopping surface, this is due to the presence of inordinate stockpile currents during the anodizing system, causing the decay of the aluminum oxide layer into the electrolyte composition in large quantities and causing pores of the aluminum oxide layer. The highest oxide layer thickness testing result occurs in the specimens which are anodized for 50 minutes at 0,064 mm and the lowest one occurs in the specimens which are anodized for 30 minutes at 0,054 mm.

Keyword: recycling, *anodizing*, hardness, microstructure, thickness

PENDAHULUAN

Perkembangan industri semakin meningkat. Meningkatnya perkembangan industri menimbulkan berbagai dampak

positif dan dampak negatif. Salah satu dampak positif dari perkembangan industri yaitu terciptanya lapangan pekerjaan. Sedangkan dampak negatifnya adalah limbah

buangan yang dihasilkan dari proses produksi berbagai industri, misalnya limbah kaleng aluminium yang sulit terurai oleh mikroorganisme di dalam tanah. Pemanfaatan limbah kaleng aluminium dapat dilakukan dengan cara pengecoran ulang. Santoso (2020) mengatakan bahwa titik lebur aluminium adalah 725°C, maka cara peleburannya dapat menggunakan proses peleburan sederhana^[1]. Proses pengecoran menggunakan cetakan pasir sebab metode pengecoran paling sederhana serta tak memerlukan alat-alat yang mahal.

Proses daur ulang aluminium dengan metode peleburan mempunyai kelebihan ialah benda bakunya lebih murah. Daur ulang aluminium biasa digunakan pada bidang otomotif semacam komponen pada sepeda. Komponen pada sepeda yang umumnya terbuat dengan bahan baku daur ulang antara lain merupakan *handle* rem.

Handle rem berperan selaku awal mekanisme pengereman guna mengurangi kecepatan sepeda. *Handle* rem terletak di bagian depan tuas kemudi serta tidak terdapat pelindung yang menutupinya sehingga rentan rusak secara tampilan ataupun fungsional. Oleh sebab itu, butuh terdapatnya usaha guna menciptakan *handle* rem dengan mutu baik sehingga tidak gampang rusak. *Handle* rem di pasaran biasa terbuat memakai bahan aluminium paduan dengan tata cara pengecoran logam.

Berdasarkan permasalahan yang terjadi pada kasus *handle* rem yang mudah rusak, maka penulis tertarik untuk mencari solusi dari permasalahan tersebut dengan melakukan penelitian tentang proses *anodizing* terhadap nilai kekerasan, struktur mikro, dan ketebalan lapisan oksida dari material hasil pengecoran limbah kaleng aluminium.

TINJAUAN PUSTAKA

Aluminium

Aluminium memiliki sifat sebenarnya seperti yang ditampilkan pada Tabel 1. Kekuatan mekanik aluminium bisa ditingkatkan dengan meningkatkan komponen paduan seperti tembaga,

magnesium, seng, mangan, serta nikel. Komponen tembaga dalam komposit aluminium bakal membangun sifat mekanik, seperti kekerasan serta kekakuan, tetapi berkurangnya sifat *castability*. Paduan dengan silikon lebih lanjut akan mengembangkan kemudahan dan mengurangi penyusutan yang secara positif mempengaruhi kemampuan cord an kemampuan las. Demikian juga silikon akan membangun penghalang erosi dan kekerasan senyawa, namun kadar silicon yang signifikan akan membuat bahan menjadi lemah.

Tabel 1. Karakteristik aluminium

No.	Sifat-sifat	Al Murni
1	Struktur Kristal	FCC
2	Densitas pada 20°C	2,698
3	Titik cair	660,1
4	Koefisien mulur panas kawat	23,9
5	Konduktivitas panas	238
6	Tahanan listrik	2,69
7	Modulus elastisitas	70,5
8	Modulus kekakuan	26,0

Limbah kaleng bekas

Limbah aluminium terhitung tipe limbah non organik yang tidak bisa dijelaskan oleh proses biologi. Limbah kaleng yang tertimbun di dalam tanah bakal susah terurai, sehingga merangsang terbentuknya korosif ataupun karat. Kaleng yang korosif ini bakal memiliki sekian banyak logam berat yang nantinya dapat terbawa ke dalam air tanah. Dapat gagasan dari sulitnya limbah aluminium terdegradasi serta tidak dapat terurai oleh proses biologi di area, sehingga aluminium yang telah terbuang berpotensi guna dimanfaatkan kembali. Beberapa pihak mencoba melakukan berbagai percobaan untuk mencari solusi pemanfaatan limbah daripada memproduksi aluminium dari bauksit^[2] (Suyitno, 2016).

Daur ulang

Menggunakan kembali aluminium sepenuhnya produktif karena menghilangkan logam ini dari material aluminium sangat

mahal, merusak iklim, dan menghabiskan banyak energy. Ketika kami menggunakan kembali stoples aluminium, kami menghilangkan kemajuan yang mendasarinya, dan aluminium yang digunakan kembali ternyata penting untuk siklus yang dapat terjadi berulang kali tanpa kehilangan sifat aluminium. Keuntungan menggunakan kembali aluminium jelas. Saat ini 40% dari semua aluminium yang digunakan dalam pengembangan digunakan kembali, namun angka ini berkembang karena gagasan penggunaan kembali di bagian struktur diakui secara umum.

Penggunaan aluminium *reusing* dilakukan melalui sistem proyeksi. Memproyeksikan adalah siklus perakitan yang memanfaatkan logam cair dan bentuk untuk mengirimkan *item* dengan bentuk yang mendekati keadaan matematis terakhir dari *item* selesai. Logam cair akan dikosongkan atau diperas ke dalam bentuk yang memiliki lubang sesuai bentuk yang ideal. Setelah logam cair mengisi lubang dan kembali ke strukturnya yang kuat, bentuk tersebut kemudian dihilangkan dan gips dapat digunakan untuk penangan tambahan.

Anodizing

Anodizing merupakan sesuatu proses pembuatan susunan oksida pada logam ataupun mengganti aluminium sebagai aluminium oksida dengan metode mereaksikan ataupun mengkorosikan sesuatu logam dengan oksigen yang diambil dari larutan elektrolit yang digunakan selaku media, sehingga bakal tercipta susunan oksida yang berpori.

Logam aluminium di dalam sel *anodizing* sebagai anoda sehingga pada akhirnya logam ini akan teroksidasi. Katoda yang digunakan adalah anoda dorman. Katoda dan anoda terendam dalam susunan elektrolit asam, diharapkan pH aluminium berada pada ruang yang rentan terhadap siklus oksidasi. Untuk arus mengalir di sel percobaan, katoda dan anoda dikaitkan dengan sumber arus searah (DC), khususnya penyearah, dimana aluminium dikaitkan dengan pos positif dan katoda sebagai terminal laten dikaitkan

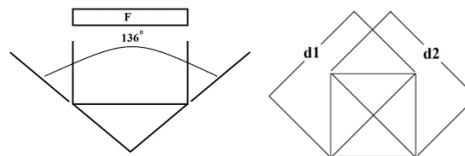
dengan poros negatif. Pada saat penyearah dimulai, arus akan bergerak dari poros positif dan ini akan menyebabkan kedatangan elektron dalam aluminium yang membuat aluminium teroksidasi dan mengikat oksigen dan membentuk lapisan oksida.

Komposisi kimia

Pengujian komposisi kimia bertujuan untuk mengetahui tingkat unsur kimia yang ada pada spesimen. Unsur-unsur yang dikandung limbah kaleng aluminium setelah dilakukan pengecoran adalah factor yang paling berpengaruh pada karakter mekanis aluminium yang berhubungan. Tipe aluminium biasanya ditetapkan dari unsur yang terkandung dalam komposisi aluminium tersebut.

Kekerasan permukaan

Pada umumnya, kekerasan menunjukkan perlindungan dari puntiran dan untuk logam dengan sifat-sifat ini adalah proporsi perlindungannya dari kerusakan plastik atau deformitas yang sangat tahan lama. Uji kekerasan *vickers* menggunakan penumbuk piramida permata dengan alas persegi. Proporsi titik antara inti piramida yang saling terbalik adalah 136° . angka kekerasan piramida intan (DPH), atau angka kekerasan *vickers* (VHN), didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Uji kekerasan *vickers*

Struktur mikro

Struktur mikro merupakan gambaran dari bermacam-macam tahapan yang dapat dilihat melalui metode metalografi. Struktur mikro logam harus terlihat menggunakan lensa pembesar. Lensa pembesar yang dapat digunakan adalah alat pembesar optic dan alat pembesar electron. Sebelum dilihat dengan

alat pembesar, permukaan logam harus dibersihkan terlebih dahulu, kemudian, pada saat itu, merespons dengan zat reagen untuk bekerja dengan persepsi. Siklus itu disebut goresan.

Untuk mengetahui sifat-sifat suatu logam, kita dapat melihat struktur mikronya. Setiap logam dengan jenis alternatif memiliki struktur mikro alternatif. Dengan melalui garis besar tahap, kita dapat meramalkan struktur mikro dan dapat menemukan tahap yang akan didapat pada pengaturan dan suhu tertentu. Selanjutnya dari struktur mikro kita dapat melihat ukuran dan keadaan butir, disperse tahapan yang terkandung dalam bahan, khususnya logam, polutan yang terkandung dalam bahan. Dari struktur mikro kita juga dapat mengantisipasi sifat mekanik suatu bahan sesuai dengan kebutuhan.

Ketebalan lapisan oksida

Pengujian ketebalan lapisan oksida yang dibuat setelah sistem anodisasi selesai menggunakan penganalisis penutup tipe impor ekstensi ganda. Pengujian ketebalan lapisan aluminium oksida adalah untuk menentukan kenaikan ketebalan lapisan aluminium oksida^[3] (Nugroho, 2015).

METODE

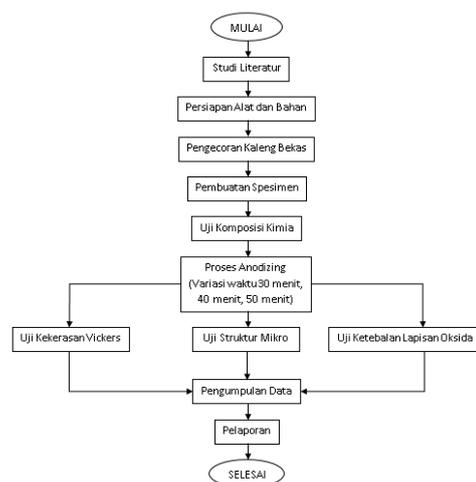
Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yaitu suatu cara untuk mencari hubungan sebab akibat antara dua faktor yang berpengaruh. Eksperimen dilaksanakan di laboratorium dengan kondisi dan peralatan yang mendukung untuk memperoleh data tentang pengaruh variasi waktu *anodizing* selama 30, 40, dan 50 menit terhadap kekerasan, struktur mikro, dan ketebalan lapisan oksida dari material hasil pengecoran limbah kaleng aluminium.

Alat dan bahan

1. *Rectifier*
2. Kabel penghubung
3. Gelas ukur
4. Bak atau wadah
5. *Stopwatch*
6. Timbangan digital

7. Alat uji struktur mikro
8. Alat uji kekerasan
9. Dudukan plat aluminium
10. Penjepit buaya
11. Tang
12. Mesin *polishing*
13. Jangka sorong
14. Gergaji besi
15. Spesimen
16. Asam sulfat
17. Aquades
18. Air sabun
19. Bahan penghantar elektroda

Diagram alir penelitian



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Proses anodizing

1. Persiapan awal terlebih dahulu melakukan pengamplasan dan pemolesan terhadap permukaan material, lalu dilakukan pencucian menggunakan air sabun setelah itu dibilas menggunakan air.
2. Selanjutnya spesimen dipasang pada kutub positif (anoda) dan Pb dipasang pada kutub negative (katoda), dengan konsentrasi asam sulfat sebesar 30%, kemudian dialiri arus menggunakan *power supply/ recifier* dengan variasi waktu pencelupan spesimen pada proses *anodizing* sebesar 30, 40, dan 50 menit.
3. Setelah waktu pencelupan dirasa cukup, selanjutnya spesimen uji diangkat dan dijemur sebentar setelah itu baru dibilas

lagi menggunakan air sabun dan air bersih.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengecoran

Dalam pengertiannya pengecoran merupakan proses meleburkan logam hingga cair sampai suhu atau titik lebur tertentu. Pada pengecoran limbah kaleng minuman soda untuk dijadikan spesimen uji telah melalui tahapan-tahapan mulai dari pengumpulan limbah, membersihkan limbah menggunakan air bersih dan sabun, meimbang massa limbah yang akan dicor hingga menjaga suhu pengecoran 700°C agar limbah kaleng dapat melebur secara maksimal.

Hasil pengujian komposisi kimia

Berdasarkan Tabel 2 didapatkan hasil pengujian komposisi kimia unsur utama yaitu Al sebesar 97,60%. Mg sebesar 1,155% berguna untuk meningkatkan kekuatan aluminium. Mn sebesar 0,945% berguna untuk meningkatkan kekuatan dalam temperatur tinggi. Fe sebesar 0,072% berguna agar aluminium tidak mudah lengket.

Tabel 2. Hasil uji komposisi kimia material hasil pengecoran kaleng aluminium

Unsur	Komposisi (%)
Al	97,60
Mg	1,155
Mn	0,945
Ti	0,073
Fe	0,072
Zn	0,031
Cr	0,014
Ni	0,0072
Sn	<0,0050
Si	<0,0020
Cu	<0,0020

Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa unsur Al mendominasi paduan kemudian diikuti unsur Mg yang merupakan unsur paduan kedua yang dominan, serta nilai Fe sangat kecil. Nilai unsur-unsur tersebut dan ditinjau dari tabel komposisi aluminium *ASM Handbook Vol.2*, maka material hasil pengecoran kaleng aluminium ini termasuk

dalam aluminium seri 5xx.x dengan nilai Mg 1,155%. Unsur Mg merupakan unsur paduan yang dominan setelah unsur Al mendekati spesifikasi aluminium seri 512.0^[4].

Hasil proses anodizing

Pada Gambar 3 menunjukkan hasil dari proses *anodizing* dimana dapat dilihat pada spesimen yang melalui proses *anodizing* dalam waktu 30 menit masih terlihat mengkilat dan belum teroksidasi secara merata. Sedangkan pada waktu 40 menit sudah agak kelabu dan pudar menandakan spesimen sudah mulai teroksidasi. Dan pada spesimen 50 menit tampak warna abu-abu menandakan proses *anodizing* sudah merata dan sudah teroksidasi dengan baik.



Gambar 3. Spesimen setelah di-*anodizing*

Hasil pengujian kekerasan

Pengujian kekerasan menggunakan alat uji kekerasan *rockwell-vickers HV 60* (AFFRI) dimana pada permukaan spesimen diberi beban sebesar 60 kgf, indikator berbentuk piramida intan dengan sudut 136° dan durasi penahanan 16 detik. Selanjutnya spesimen dilihat panjang diagonal yang terbentuk menggunakan mikroskop dan diukur diagonalnya menggunakan mistar khusus. Nilai kekerasan *Vickers* dinyatakan dengan rumus pada Persamaan (1) (*ASM Handbook Vol 8*)^[5].

Persamaan (1)

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

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

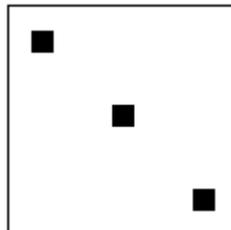
Ket:

VHN : *Vickers hardness number* (kgf/mm²)

P : Beban yang diterapkan (kgf)

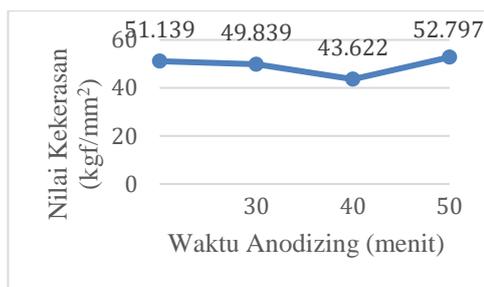
d : Panjang diagonal rata-rata (mm)
 dengan $d_{rata-rata} = \frac{d_1 + d_2}{2}$
 e : Sudut puncak indenter = 136°

Pengujian dilakukan pada 3 titik yang berbeda untuk setiap spesimen seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Titik uji kekerasan

Dengan cara yang sama, hasil uji kekerasan ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik hubungan waktu anodizing dengan nilai kekerasan

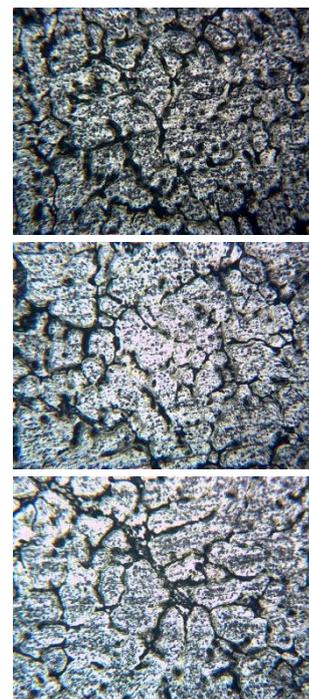
Berdasarkan Gambar 5 menunjukkan nilai rata-rata kekerasan spesimen tanpa di-anodizing sebesar 51,139 kgf/mm². Nilai kekerasan spesimen setelah di-anodizing 30 menit mengalami penurunan menjadi 49,839 kgf/mm². Nilai kekerasan spesimen setelah di-anodizing 40 menit mengalami penurunan lagi menjadi 43,622 kgf/mm². Nilai kekerasan spesimen setelah di-anodizing 50 menit mengalami kenaikan menjadi 52,797 kgf/mm² atau lebih tinggi dibandingkan nilai kekerasan spesimen tanpa di-anodizing.

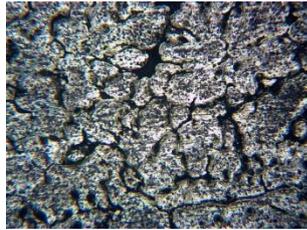
Nilai kekerasan mengalami penurunan dikarenakan pada saat waktu pencelupan anodizing 30 menit ion-ion yang mengalir ke katoda hal ini dipengaruhi oleh kuat arus yang mengalir menuju larutan elektrolit lambat. Karena sebelumnya *rectifier* belum

dipanaskan terlebih dahulu, sehingga aluminium oksida yang terkandung dalam spesimen belum teroksidasi dengan baik dan menyebabkan turunnya nilai kekerasan. Begitu juga pada saat pencelupan proses anodizing 40 menit. Namun pada saat pencelupan anodizing 50 menit, ion-ion yang mengalir menuju katoda semakin banyak dan aluminium oksida yang terbentuk semakin tebal yang berpengaruh terhadap nilai kekerasan meningkat. Bahkan lebih tinggi dibandingkan nilai kekerasan pada spesimen tanpa di-anodizing.

Hasil pengujian struktur mikro

Sangat baik dapat ditemukan pada Gambar 6 bahwa desain permukaan adalah permeable yang menunjukkan adanya lapisan aluminium oksida yang dibingkai pada lapisan luar aluminium 5x.x.x. Lapisan aluminium oksida yang terkirim ke luar menunjukkan permukaan yang miring, hal ini disebabkan karena adanya *stockpile* arus yang tidak wajar pada saat sistem anodizing, mengakibatkan pembusukan lapisan aluminium oksida ke dalam susunan elektrolit dalam jumlah yang sangat banyak dan menyebabkan pori-pori lapisan aluminium oksida menjadi rusak.



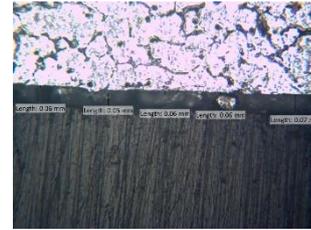
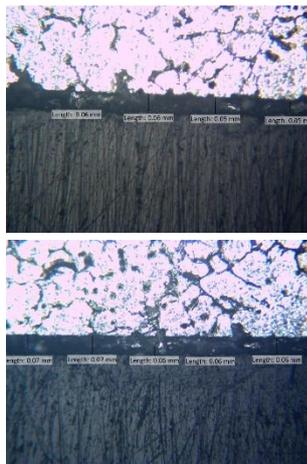


Gambar 6. Hasil pengujian struktur mikro

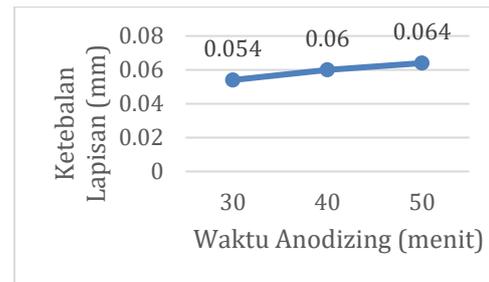
Nugroho (2015) menyatakan bahwa pengaruh waktu anodisasi terhadap struktur mikro tingkat superfisial amalgam aluminium AA 2024-T3 menggunakan alat uji SEM. Efek samping dari penelitian ini menunjukkan adanya desain permeable yang dibentuk pada komposit aluminium 2024-T3 setelah dilakukan *anodizing*. Tinjauan tersebut menyimpulkan bahwa siklus anodisasi yang lebih lama dapat membuat pori-pori bertambah, selain itu ukuran pori-pori membesar dengan ukuran pori hingga 50 mikron^[6].

Hasil pengujian ketebalan lapisan oksida

Spesimen pengujian dari hasil *anodizing* selanjutnya dilakukan pengujian ketebalan lapisan oksida dengan menggunakan mikroskop dan dapat dilihat secara visual melalui layar monitor seperti pada Gambar 7 yang selanjutnya dilakukan pengukuran ketebalan lapisan.



Gambar 7. Hasil pengujian ketebalan lapisan oksida



Gambar 8. Grafik hubungan waktu *anodizing* dengan ketebalan lapisan oksida

Merujuk Gambar 8 didapatkan hasil ketebalan lapisan oksida tertinggi pada spesimen setelah di-*anodizing* 50 menit sebesar 0,064 mm dan ketebalan lapisan oksida terendah pada spesimen setelah di-*anodizing* 30 menit sebesar 0,054 mm. Pembentukan lapisan oksida pada aluminium dipengaruhi oleh jumlah oksigen yang terdapat pada larutan elektrolit. Hal tersebut dikarenakan waktu pada proses *anodizing* memberikan dampak pada aliran anoda menuju katoda. Makin lama waktu proses *anodizing* maka semakin banyak ion-ion yang mengalir menuju katoda.

Shantiarsa (2009) menyatakan bahwa variasi waktu *drenching anodizing* pada ketebalan lapisan oksida pada aluminium seri 2024-T3 menggunakan arus 3 ampere dengan variasi perendaman 10, 20, 30 menit menghasilkan ketebalan 3,3mm, 4,16 mm, dan 5 mm secara terpisah. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa semakin lama waktu perendaman dalam sistem *anodizing*, semakin tebal lapisan aluminium oksida^[7].

SIMPULAN

Hasil pengujian komposisi kimia yang menggunakan metode *spark optical emission spectroscopy (Spark-OES)* pada material hasil pengecoran limbah kaleng

aluminium memperoleh unsur utama yaitu aluminium (Al) sebesar 97,60%. Kandungan unsur lain yang dominan setelah aluminium (Al) yaitu magnesium (Mg) sebesar 1,155% dan mangan (Mn) sebesar 0,945%. Diketahui dari tabel komposisi coran aluminium paduan *ASM Handbook Vol.2* bahwa unsur magnesium (Mg) merupakan unsur paling dominan setelah unsur aluminium (Al) dan mendekati spesifikasi aluminium seri 512.0.

Hasil pengujian kekerasan yang menggunakan metode *vickers* memperoleh nilai kekerasan tertinggi pada spesimen yang di-*anodizing* selama 50 menit sebesar 52,797 kgf/mm². Nilai kekerasan terendah terjadi pada spesimen setelah di-*anodizing* selama 40 menit sebesar 43,622 kgf/mm².

Akibat dari pengujian struktur mikro secara lahiriah menunjukkan permukaan sistem *anodizing*, menyebabkan pembusukan lapisan aluminium oksida ke dalam susunan elektrolit dalam jumlah besar dan menyebabkan pori-pori dari lapisan aluminium oksida yang akan dilarutkan.

Ketebalan lapisan oksida pada spesimen setelah di-*anodizing* selama 30, 40, dan 50 menit mengalami peningkatan. Ketebalan lapisan oksida tertinggi terjadi pada spesimen setelah di-*anodizing* selama 50 menit sebesar 0,064 mm. ketebalan lapisan oksida terendah terjadi pada spesimen setelah di-*anodizing* selama 30 menit sebesar 0,054 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Santoso, E. B., Syaichu, A., (2020), *Peningkatan Keterampilan Dalam Pengecoran Limbah Aluminium untuk Pembuatan Aksesoris Sepeda Motor Berupa Foot Step bagi Remaja Usia Produktif di Tulungagung*, 1(6), 823-830
- [2] Suyitno, S., Salim, U. A., Mahardika, M., (2016), Aplikasi Cetakan Permanen untuk Meningkatkan Produksi dan Kualitas Produk IKM Pengecoran Logam Kuningan di Ngawen, Sidokarto, Godean, Yogyakarta, *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat (Indonesian Journal of Community Engagement)*, 2(1), 66-79
- [3] Nugroho, F., (2015), *Pengaruh Rapat Arus dan Waktu Anodizing terhadap Ketebalan Lapisan Aluminium Oksida pada Aluminium Paduan AA 2024-T3*, 21-27
- [4] ASM, (1992), *ASM Handbook Vol 2*
- [5] ASM, (2000), *ASM Handbook Vol 8*

[6] Nugroho, Fajar, 2015, Pengaruh Rapat Arus Anodizing terhadap Nilai Kekerasan pada Plat Aluminium Paduan AA Seri 2024-T3, *Jurnal Angkasa*, 7(2), 44

[7] Santhiarsa, I Gst., Ngr., Nitya, 2009, Pengaruh Kuat Arus Listrik dan Waktu Proses Hard Anodizing pada Aluminium terhadap Kekerasan dan Ketebalan Lapisan, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram*, 3(2), 164-169