

TUGAS AKHIR

PENGARUH JARAK ELEKTRODA PADA PROSES ANODIZING PADA BAHAN ALUMINIUM SERI 1XXX

Koko Hary Pratomo

*Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Lingkar Barat, Tamantirto, Kasihan, Bantul 55183*

kokohary.kh@gmail.com

INTISARI

Anodizing merupakan perlakuan permukaan untuk melapisi permukaan logam agar terlindung dari pengaruh *destructive* lingkungan dan menghasilkan tampilan logam yang menarik, bertekstur dan berwarna, serta tahan terhadap gesekan. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui bagaimana pengaruh jarak elektroda pada proses anodizing terhadap struktur mikro ketebalan lapisan oksida, struktur makro dan kekasaran dan kekerasan pada permukaan aluminium seri 1xxx.

Penelitian ini menggunakan jarak elektroda 2 cm, 3cm, 4cm, konsentrasi larutan *asam sulfat* 40 %, kuat arus 2 A dan tegangan 18 V pada proses anodizing, diharapkan akan menghasilkan nilai kekerasan dan ketebalan yang lebih tinggi. Spesimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah logam plat aluminium seri 1XXX dengan panjang 50 mm, lebar 30 mm, tebal 5 mm. Proses anodizing beberapa langkah dimulai dari pengamplasan kemudian *cleaning*, *rinsing*, *etching*, *rising*, *desmut*, *rising*, anodizing, *rinsing*, *colouring*, *rising*, *sealing*, *rinsing*, dan terakhir *drying*. Pengujian yang dilakukan adalah uji ketebalan, struktur permukaan, kekasaran dan kekerasan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jarak elektroda pada proses anodizing berpengaruh terhadap ketebalan lapisan oksida, struktur permukaan, kekasaran dan kekerasan permukaan aluminium 1XXX. Ketebalan tertinggi setelah melalui proses anodizing dan *sealing* sebesar 11,09 μm pada jarak elektroda 2 cm, kekerasan lapisan oksida tertinggi terdapat pada jarak elektroda yang sama 102,003 \pm 9,12 VHN setelah proses anodizing dan *colouring*. Meningkatkan ketebalan lapisan oksida dan kekerasan Aluminium 1XXX. Semakin dekat jarak elektroda akan menyebabkan struktur permukaan terlihat lebih kasar. Dan jarak elektroda semakin jauh akan menyebabkan struktur permukaan terlihat lebih halus dan homogen.

Kata kunci :Aluminium 1XXX, *anodizing*, lapisan oksida, kekerasan Permukaan, jarak elektroda.

PENDAHULUAN

Dalam industri manufaktur yang menggunakan logam sebagai bahan utamanya, proses pelapisan merupakan bagian yang sangat penting dalam tahap akhir proses pembuatan suatu produk atau komponen. Bila ditinjau lebih jauh dengan proses ini akan diperoleh sifat-sifat teknis maupun mekanis permukaan logam yang lebih baik dari material asalnya (base material) misalnya tahan terhadap korosi, lebih keras meningkatkan tahan terhadap gesekan, dan disamping itu dapat memberi penampilan yang lebih menarik dari logam aslinya.

Logam aluminium merupakan salah satu logam yang paling luas penggunaannya, karena mempunyai sifat-sifat seperti ringan, bercahaya, daya antar listrik tinggi, dan mudah dipadukan dengan unsur-unsur lain. Sifat lainnya yang dimanfaatkan sebagai pelindung adalah mudah beroksidasi dengan oksigen dengan udara terbuka dan membentuk lapisan oksida yang tipis terjadi, sehingga diperlukan proses elektrolisis (anodisasi) untuk mempertebal lapisan oksida aluminium yang berpori-pori yang akan mampu menyerap warna jika ingin diwarnai dan sekaligus membuat kekerasannya jauh berbeda dibanding tanpa proses anodisasi.

Anodizing adalah suatu perlakuan permukaan untuk melapisi permukaan logam agar terlindung dari pengaruh *destructive* lingkungan yang menyebabkan korosi. Disamping itu, metode

anodizing juga menghasilkan tampilan logam yang menarik, bertekstur dan berwarna, serta tahan terhadap gesekan permukaan.

Pada rekayasa material, proses *anodizing* sering diaplikasikan pada bahan aluminium. Hal tersebut sangat memungkinkan di karenakan karakteristik logam aluminium memiliki beban yang cukup ringan ($2,10 \text{ gr/cm}^3$), mudah di bentuk dan tahan terhadap korosi Hutasoit (2008).

Setelah di *anodizing* aluminium akan terbentuk lapisan oksida protektif *alumina* (Al_2O_3). Lapisan oksida (Al_2O_3) yang sudah terbentuk dari proses *anodizing* memiliki ketebalan yang lebih tinggi dari pembentukan lapisan oksida secara alami, dan juga memiliki kekerasan yang lebih tinggi. Bahwa jarak anoda katoda yang semakin dekat akan membentuk pori yang semakin besar pada permukaan anodisasi. Jadi kombinasi ini dapat membantu kekurangan temperatur yang rendah dalam menyerap zat pewarna (Yoriya 2012). Selain itu peningkatan nilai estetika, bisa juga dilakukan melalui proses *anodizing*. Pembentukan lapisan oksida bisa di atur sedemikian rupa melalui larutan elektrolit, sehingga hasil dari lapisan oksida aluminium bisa diberi warna sesuai selera.

Penelitian ini bertujuan untuk parameter anodisasi yang tepat untuk material tersebut agar dihasilkan struktur lapisan anodic berpori yang tahan korosi. Lapisan pori yang dihasilkan pada proses anodisasi sangat dipengaruhi oleh jenis konsentrasi elektrolit, jarak elektroda, tegangan, rapat arus, suhu proses, waktu, dan jenis aluminium. dari proses anodisasi tersebut dengan demikian penyusun merasa bahwa sebelumnya belum ada yang melakukan penelitian mengenai jarak elektroda terhadap proses *anodizing*.

Penelitian ini akan menggunakan jarak elektroda 2 cm, 3cm, 4cm, larutan *asam sulfat* (400 ml H_2SO_4 + 600 ml Air RO), kuat arus 2 Ampere dan tegangan 18 Volt pada proses anodizing, diharapkan akan menghasilkan nilai kekerasan dan ketebalan yang lebih tinggi. Diharapkan dari penelitian ini mampu memberikan sumbangan berupa hasil penelitian dalam bidang pelapisan logam yang dapat digunakan sebagai tambahan referensi untuk pengembangan penelitian lebih lanjut serta hasil penelitian dapat diaplikasikan secara meluas untuk kepentingan ilmu pengetahuan dan industri.

Dasar Teori

Aluminium *anodizing* adalah proses pelapisan secara elektrokimia yang mengkonversi aluminium menjadi aluminium oksida (Al_2O_3) pada permukaan material yang akan dilapisi (Jeff

Pernick, International Hardcoat, Inc). Proses elektrolisis adalah terjadinya reaksi kimia pada arus listrik. Komponen yang terpenting dari proses elektrolisis adalah elektroda dan elektrolit. Pada proses elektrolisis, katoda merupakan kutub negatif (sebagai penghantar benda kerja) dan anoda merupakan kutub positif (benda kerja).

Dari definisi tersebut diketahui bahwa prinsip dasar proses *anodizing* adalah elektrolisis seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya. Pada proses *anodizing* komponen yang terpenting dari proses elektrolisis ini adalah elektroda dan elektrolit. Pada proses elektrolisis, katoda merupakan kutub negatif (-) dan anoda merupakan kutub positif (+).

Karakteristik dalam lapisan *anodizing* menghasilkan suatu lapisan tipis oksida yang baik terhadap logam dasarnya. Lapisan tersebut memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

1. Keras, mendekati kekerasan *sapphire*.
2. Transparan, dengan beberapa variasi warna.
3. Terintegrasi dengan baik pada logam dasarnya, dan tidak dapat mengelupas.

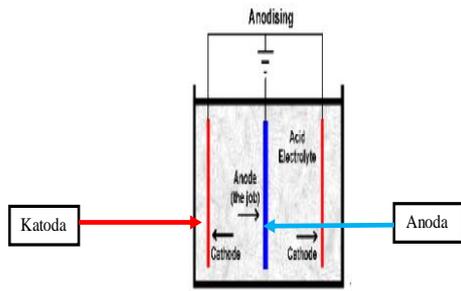
Sifat-sifat diatas merupakan keunggulan dari lapisan oksida pada proses *anodizing*.

Klasifikasi *Anodizing*

Adapun klasifikasi yang ada dalam proses *anodizing* adalah sebagai berikut:

1. Elektroda

Elektroda adalah sebuah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan bagian non-logam dari sebuah rangkaian listrik, ditemukan oleh Michael Faraday dari bahasa Yunani elektron. Pada percobaan *anodizing* ini, digunakan elektron aluminium sebagai anoda sedangkan katodanya adalah timbal (Pb). Sebuah elektron dalam sebuah sel elektrolisis ditunjukkan sebagai anoda atau katoda. Anoda ini didefinisikan sebagai elektroda dimana elektron memasuki sel kemudian menimbulkan reduksi. Setiap elektroda dapat menjadi sebuah anoda atau katoda tergantung voltase yang diberikan kedalam sel tersebut. Sebuah elektroda bipolar adalah elektroda yang berfungsi sebagai anoda dari sebuah sel elektrokimia dan katoda, bagi sel elektrokimia lainnya. Proses elektroda pada anodizing dapat ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Elektroda pada proses *anodic oxidation*.

Sumber : (Febriyanti,2011).

1. Elektrolit

Elektrolit adalah senyawa yang dapat menghantarkan arus listrik apabila dilarutkan kedalam larutan pelarut air. Elektrolit diklasifikasikan berdasarkan kandungan ion H^+ . Elektrolit yang dapat menghantarkan arus listrik dengan baik digolongkan kedalam elektrolit kuat, salah satunya adalah asam klorida (HCL), asam sulfat (H_2SO_4), dan asam nitrat, (HNO_3). Selain elektrolit kuat ada pula golongan elektrolit lemah seperti asam cuka encer (CH_3COOH), aluminium hidroksida, kalium karbonat (C_aCO_3).

2. Power Supply

Power supply berfungsi untuk penghantar arus dan tegangan searah. Arus DC yang dialirkan bisa diukur menggunakan Amperemeter, sedangkan untuk mengukur besarnya tegangan DC digunakan Voltmeter.

Proses *anodizing* memiliki beberapa tujuan, antara lain :

1. Meningkatkan ketahanan korosi.

Dari proses anodisasi, lapisan oksida yang dihasilkan dari anodisasi tahan terhadap karat/korosi dan bisa menahan atmorfir atau air garam. Lapisan oksida melindungi logam yang ada dibawahnya dengan bertindak sebagai penghalang (*barrier*) dari serangan lingkungan yang korosif.

2. Meningkatkan sifat *asdhesif*.

Lapisan ini hasil proses anodisasi yang menggunakan asam phosfor dan kromat dapat meningkatkan kekuatan ikatan dan ketangguhan, biasanya digunakan pada industri pesawat terbang.

3. Meningkatkan ketahanan aus (*wear resistant*).

4. Proses *hard anodizing* dapat menghasilkan lapisan setebal 25-100 mikron. Lapisan tersebut, dengan kekerasan inheren aluminium oksida yang sedemikian cukup tebal dapat digunakan untuk aplikasi dibawah kondisi ketahanan abrasi. Dimana lapisan oksida (Al_2O_3) ini memiliki nilai kekerasan yang cukup

Pori dari lapisan anodik oksida mendukung proses *elektroplating*, kebanyakan asam yang digunakan apabila ingin melakukan pelapisan lanjutan adalah asam *phosfor*.

5. Aplikasi dekorasi.

Pada permukaan logam, lapisan oksida yang terbentuk memiliki tampilan yang mengkilau, dimana pada aluminium tampilan oksida yang alami sangat diinginkan. Selain itu, lapisan oksida yang dihasilkan dapat diberi warna dengan metode yang berbeda. Pewarnaan organik akan diserap pada lapisan pori untuk menghasilkan warna tertentu dan pigmen mineral yang mengendap di dalam pori akan menghasilkan warna yang stabil.

tinggi (sebanding dengan *sapphire*) atau paling keras setelah intan.

6. Isolator listrik

Lapisan oksida memiliki resistivitas yang tinggi khususnya lapisan oksida yang porinya tertutup.

7. Dapat menempel pada proses plating selanjutnya.

Konsentrasi Elektrolit pada Proses *anodizing*

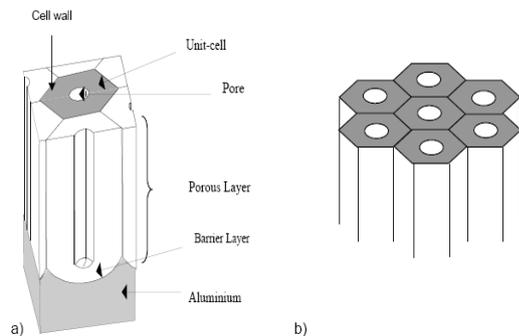
Umumnya larutan elektrolit yang digunakan dalam proses *anodizing* adalah asam sulfat dan asam kromat, namun beberapa jenis asam lain seperti asam oksalat, asam phospat, dan *sulphosalicylic acid* juga dapat digunakan untuk proses *anodizing*. Peningkatan konsentrasi dalam hubungannya dengan karakteristik lapisan, mempengaruhi kehilangan logam (*metal loss*) yang terjadi pada proses *anodizing*. Peningkatan konsentrasi yang lebih akan mengakibatkan terjadinya pelarutan lapisan film, untuk itu konsentrasi perlu diatur dengan tepat agar menghasilkan lapisan film yang optimal. Gea (2009)

Pembentukan Lapisan Oksida

Lapisan hasil anodizing memiliki struktur yang berbeda dari lapisan oksida yang terbentuk secara alami, dimana lapisannya memiliki struktur pilar hexagonal berpori yang memiliki karakteristik yang unik sehingga meningkatkan sifat mekanis permukaan aluminium. Secara umum lapisan oksida hasil dari proses *Anodizing* memiliki karakteristik sebagai berikut:

1. Keras, Aluminium (Al_2O_3) memiliki kekerasan sebanding dengan *sapphire*
2. Insulatif dan tahan terhadap beban
3. Transparan
4. Tidak ada serpihan
5. Berubah warna

Lapisan oksida yang terbentuk dari proses ini akan meningkatkan ketahanan abrasi, kemampuan *insulator electric* logam, serta kemampuan untuk menyerap zat pewarna untuk menghasilkan variasi tampilan warna pada permukaan hasil anodisasi. 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 a) Struktur pori pada lapisan hasil *anodizing*. (Juhl 2005)

Terbentuknya lapisan oksida pada permukaan logam yang di anodisasi bergantung pada jenis elektrolit yang digunakan, lapisan dasar oksida (*barrier type oxide film*) dan lapisan pori oksida (*porous oxide film*) dapat terbentuk selama proses anodisasi. Lapisan oksida yang dihasilkan mempunyai struktur yang porous atau berpori dengan bentuk strukturnya heksagonal, dengan pori yang terdapat di tengah.

Lapisan dasar adalah lapisan yang tipis dan padat, berfungsi sebagai lapisan antara lapisan pori dan base metal. Lapisan tersebut memiliki sifat yang melindungi dari korosi lebih lanjut dan tahan terhadap arus listrik. Struktur berpori adalah hasil dari reaksi pembentukan dari pelarutan lapisan oksida. Pada awalnya lapisan pori yang terbentuk selinder memanjang namun karena kemudian bersinggungan dengan oksida-oksida lainnya yang berada disisi-sisinya, maka lapisan oksida tersebut bertransformasi menjadi bentuk saluran heksagonal yang memanjang.

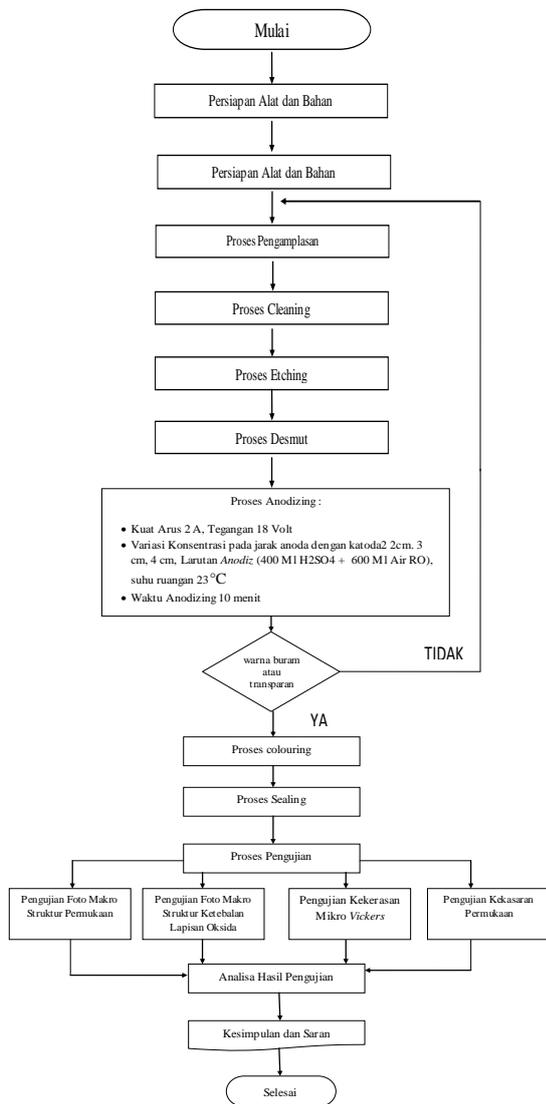
Proses pembentukan lapisan oksida bisa diamati dengan memperhatikan perubahan arus pada tegangan anodizing yang tetap atau perubahan tegangan pada arus tetap. Proses pembentukan lapisan oksida dapat dibagi dalam 4 tahapan, antara lain:

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 terlihat 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. Yerokhin (2010).

METODE PENELITIAN

Untuk memperjelas tahapan-tahapan penelitian *anodizing* yang akan di lakukan di buat

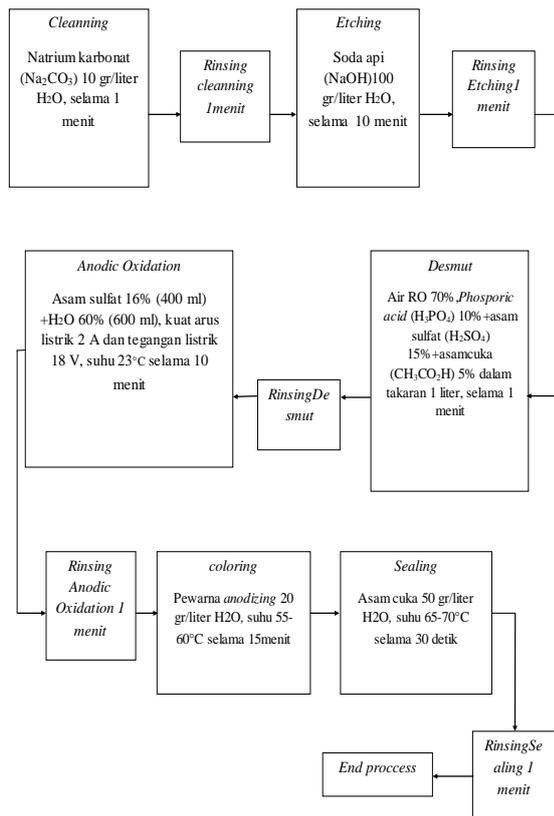
diagram alir proses *anodizing*, yang di tujukan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

Adapun tahapan-tahapan dalam melakukan proses *anodizing* yang pertama dilakukan yaitu menyiapkan alat dan bahan disiapkan, memakai perlengkapan penunjang keselamatan. Plat Aluminium seri 1XXX dipotong dengan ukuran 50 mm x 30 mm menggunakan gergaji tangan. Setelah proses pemotongan bahan, dilakukan pengamplasan secara manual dan bertahap dengan amplas seri P1000, P2000, dan C5000. Lalu dibilas menggunakan air. Setelah itu di lanjutkan proses *cleaning*, larutan yang digunakan pada proses ini adalah natrium karbonat (Na_2CO_3) dengan konsentrasi (10 gr/liter) air, selama 1

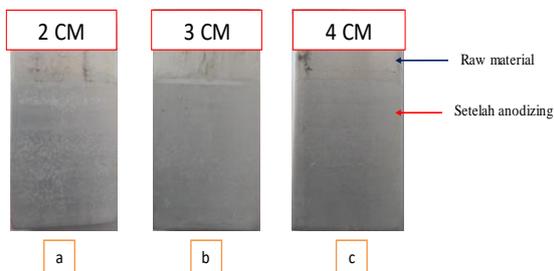
menit dengan suhu ruangan bak plastik $\pm 30\text{-}35^\circ\text{C}$. Setelah proses ini selesai, spesimen *dirinsing* menggunakan air ro. Selanjutnya adalah proses *etching*, menggunakan larutan soda api (NaOH) dengan konsentrasi (100 gr/liter) air, selama 0.5-10 menit dengan suhu ruangan bak plastik $\pm 30\text{-}35^\circ\text{C}$. Setelah proses iniselesai, spesimen *dirinsing* menggunakan air ro. Kemudian, proses *desmut* menggunakan larutan campuran *phosporic 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 1 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 ro. Setelah proses *desmut* selesai, selanjutnya proses *anodizing* atau *anodic oxidation*, dilakukan menggunakan jarak elektroda 2 cm, 3 cm, 4 cm, dengan tegangan listrik 18 Volt, kuat arus 2 Ampere selama 10 menit dengan suhu ruangan bak plastik $\pm 23^\circ\text{C}$. Kemudian, spesimen *dirinsing* menggunakan air ro. Setelah lapisan oksida terbentuk melalui proses *anodic oxidation*, selanjutnya adalah proses *colouring* (*dyeing*). Pada proses ini material dicelupkan kedalam larutan pewarna (20 gr/liter) air selama ± 15 menit, dengan suhu $\pm 55\text{-}60^\circ\text{C}$. 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) air, selama ± 30 detik, dan menggunakan suhu larutan *sealing* $\pm 65\text{-}70^\circ\text{C}$. Kemudian, spesimen *dirinsing* menggunakan air ro. Untuk lebih jelasnya tahapan di tampilkan pada bagan berikut:



Gambar 6 Bagan Proses Anodizing

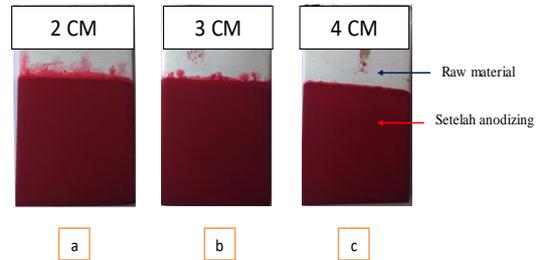
HASIL DAN PEMBAHASAN :

Setelah dilakukam proses anodizing pada alumunium seri 1xxx, diperoleh data-data dari hasil pengujian yang akan dijabarkan melalui beberapa pembahasan dari jenis-jenis pengujian. Berikut adalah benda spesimen setelah proses anodizing pada gambar 7 dan coloring sebelum dilakukan pengujian, seperti pada Gambar 8.



Gambar 7 Spesimen aluminium 1XXX setelah proses *anodizing* sebelum dilakukan pengujian (a) anodizing pada jarak 2 cm (b)anodizing pada jarak 3 cm, (c)anodizing pada jarak 4cm.

- Raw material alumunium yang tidak dilakukan proses anodizing, blum terbentuk lapisan oksida lapisan oksida dan masih terlihat permukaan alumunium.
- Setelah proses anodizing, terlihat warna menjadi lebih dove dan pori-pori yang sudah terbuka.

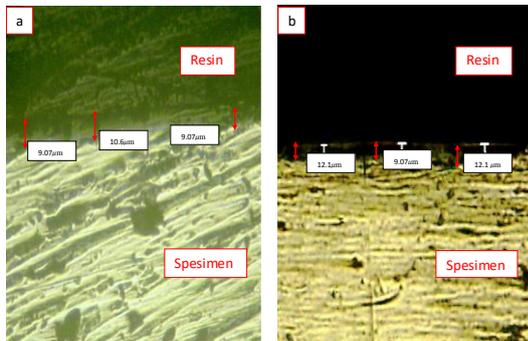


Gambar 8 Spesimen aluminium 1XXX setelah proses *anodizing* dan *colouring* sebelum dilakukan pengujian (a) anodizing pada jarak 2 cm (b)anodizing pada jarak 3 cm, (c) anodizing pada jarak 4cm.

- Raw material alumunium yang tidak dilakukan proses anodizing,blum terbentuk lapisan oksida lapisan oksida dan masih terlihat permukaan alumunium.
- setelah proses *colouring* dan *sealing*, terlihat warna sudah terposisi kedalam pori-pori dan pori-pori yang terbentuk sudah tertutup setelah proses *Sealing*.

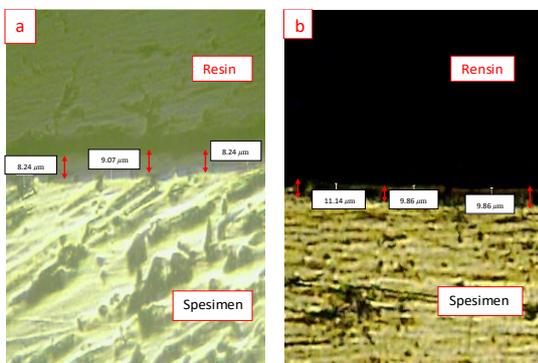
1. Hasil Pengamatan Foto Struktur Mikro

Pengujian foto struktur mikro ini adalah untuk mengetahui seberapa besar ketebalan lapisan oksida 3 spesimen aluminium 1XXX setelah proses *anodizing* dan *colouring* dengan 3 jarak elektroda.



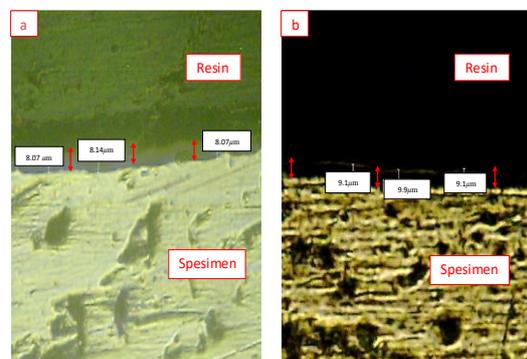
Gambar 9. Foto mikro jarak elektroda 2cm, (a) Setelah proses *anodizing*, (b) Setelah proses *anodizing* dan *colouring*

Pada gambar 9 menunjukkan hasil pengujian ketebalan lapisan oksida yang dihasilkan setelah proses *anodizing* pada jarak elektroda 2 cm dengan kuat arus 2 Ampere dan tegangan 18 Volt, dengan waktu pencelupan 10 menit rata-rata $9.58 \mu\text{m} \pm 0.88$, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9 (a). Sedangkan untuk ketebalan lapisan oksida yang dihasilkan setelah proses *anodizing* dan *colouring* dengan variabel yang sudah dirata-rata menjadi $11.09 \mu\text{m} \pm 1.74$ seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9 (b).



Gambar 10. Foto mikro jarak elektroda 3m, (a) Setelah proses *anodizing*, (b) Setelah proses *anodizing* dan *colouring*

Pada gambar 10 menunjukkan hasil pengujian ketebalan lapisan oksida yang dihasilkan setelah proses *anodizing* pada jarak elektroda 3 cm kuat arus 2 Ampere, tegangan 18 Volt dan dengan waktu pencelupan 10 menit yang sudah dirata-rata menjadi $8.51 \mu\text{m} \pm 0.47$, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10 (a). Sedangkan pada Gambar 10 (b) menunjukkan bahwa ketebalan lapisan oksida yang dihasilkan setelah proses *anodizing* dan *colouring* dengan variabel yang sudah di rata-rata menjadi $10.28 \mu\text{m} \pm 0.73$.



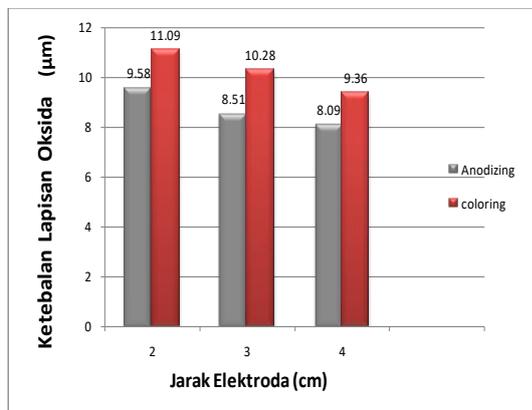
Gambar 11. Foto mikro jarak elektroda 4cm, (a) Setelah proses *anodizing*, (b) Setelah proses *anodizing* dan *colouring*

Pada gambar 11 menunjukkan hasil pengujian ketebalan lapisan oksida yang dihasilkan setelah proses *anodizing* pada jarak elektroda 4 cm, kuat arus 2 Ampere, tegangan 18 Volt dan dengan waktu pencelupan 10 menit yang sudah dirata-rata menjadi $8.09 \mu\text{m} \pm 0.04$, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11 (a). Sedangkan pada Gambar 11 (b) menunjukkan bahwa ketebalan lapisan oksida yang dihasilkan setelah proses *anodizing* dan *coloring* dengan variabel yang sudah di rata-rata menjadi $9.36 \mu\text{m} \pm 0.46$.

Dari semua hasil pengujian foto mikro ketebalan lapisan oksida setelah proses *anodizing* dan *colouring*, dapat disimpulkan dengan menggunakan tabel dan grafik sebagai berikut:

Tabel 1 Hasil pengujian dan perhitungan ketebalan lapisan oksida setelah proses *anodizing* dan *colouring* dengan elektroda 2cm, 3cm, 4cm.

Jarak Elektroda	Ketebalan Lapisan Oksida	Hasil Ketebalan Lapisan Oksida(μm)	Hasil Rata-rata Ketebalan Lapisan Oksida(mm)	
2 cm	Anodizing	9,07	$9,58 \mu\text{m} \pm 0,88$	
		10,6		
		9,07		
	Colouring	12,1		$11,09 \mu\text{m} \pm 1,74$
		9,07		
		12,1		
3 cm	Anodizing	8,24	$8,51 \mu\text{m} \pm 0,47$	
		9,07		
		8,24		
	Colouring	11,14		$10,28 \mu\text{m} \pm 0,73$
		9,86		
		9,86		
4 cm	Anodizing	8,07	$8,09 \mu\text{m} \pm 0,04$	
		8,14		
		8,07		
	Colouring	9,1		$9,36 \mu\text{m} \pm 0,46$
		9,9		
		9,1		



Gambar 12. Grafik perbandingan antara nilai ketebalan (μm) rata-rata dengan jarak elektroda pada proses *anodizing* dan *coloring*

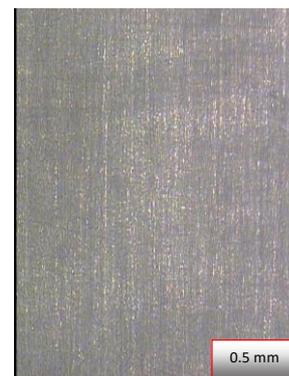
Pada grafik diatas menunjukkan bahwa jarak elektroda 2 cm, 3 cm dan 4 cm setelah proses anodizing menghasilkan lapisan oksida pada permukaan aluminium sebesar $9,58 \mu\text{m}$, $8,51 \mu\text{m}$ dan $8,09 \mu\text{m}$ secara berurutan. Sedangkan pada jarak elektroda yang sama setelah proses anodizing dan coloring menghasilkan nilai ketebalan dari lapisan oksida sebesar $11,09 \mu\text{m}$, $10,28 \mu\text{m}$ dan $9,36 \mu\text{m}$ secara berurutan. Dan untuk ketebalan oksida paling

tinggi pada jarak elektroda 2 cm setelah proses anodizing dan coloring $11,09 \mu\text{m}$, sedangkan nilai ketebalan lapisan oksida paling rendah setelah proses anodizing yaitu pada jarak elektroda 4 cm $8,09 \mu\text{m}$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa jarak elektroda dapat mempengaruhi ketebalan lapisan oksida, hal tersebut dikarenakan terjadi reaksi oksida. perpindahan ion-ion yang bertambah dan semakin rapat dan membentuk suatu lapisan oksida yang semakin tebal seiring dengan jarak elektroda yang semakin dekat, Reaksi oksida tersebut menyebabkan penebalan lapisan oksida pada permukaan logam.

Dengan demikian dari hasil pengujian pada grafik diatas maka dapat di simpulkan bahwa semakin dekat jarak elektroda pada proses anodizing mempengaruhi ketebalan oksida yang dihasilkan akan semakin tebal.

2. Hasil Pengujian Struktur Makro Permukaan

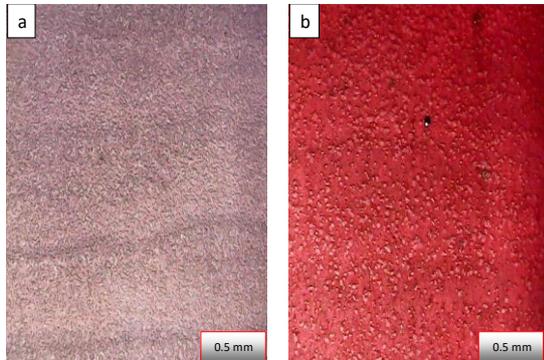
Pengujian foto struktur makro ini ditujukan untuk mengetahui struktur permukaan aluminium 1XXX setelah proses *anodizing* dan *colouring*. Berikutini adalah hasil pengujian foto makro struktur permukaan raw material, spesimen setelah proses *anodizing* dan *colouring*.



Gambar 13. Foto makro raw material

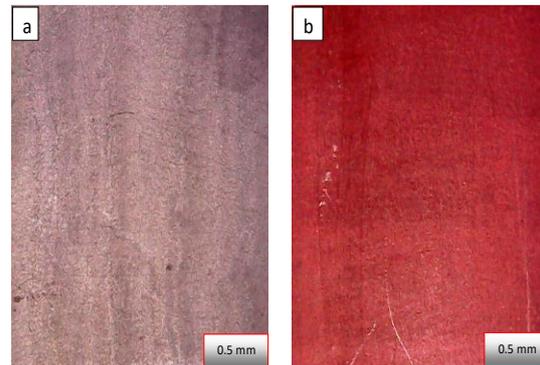
Gambar 11 menunjukkan hasil pengujian foto makro raw material, maka dapat disimpulkan bahwa struktur permukaan raw material belum terbentuk lapisan oksida dan masih terlihat

permukaan aluminium yang belum dilakukan perlakuan dan proses *anodizing*. Berikut adalah hasil pengujian foto makro struktur permukaan pada proses anodizing dengan jarak elektroda 2 cm, 3cm dan 4cm.



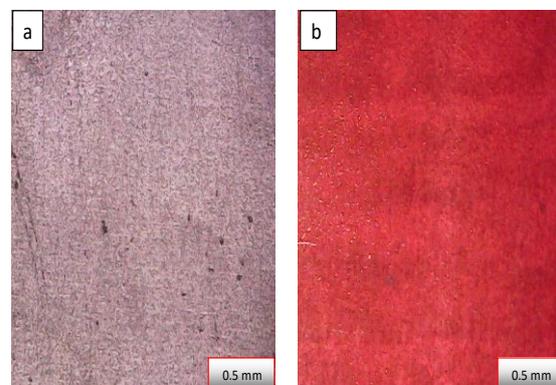
Gambar 14. Foto makro jarak elektroda 2 cm, (a). Setelah proses *anodizing*, (b). Setelah proses *anodizing* dan *colouring*

Gambar 14 menunjukkan hasil pengujian foto makro dari permukaan aluminium yang telah di *anodizing*, dari gambar di atas dapat di analisis bahwa pada Gambar 4.8 (a) setelah proses *anodizing* pori-pori aluminium terlihat mulai terbuka dan masih flat. Sedangkan pada Gambar 14 (a) Sedangkan pada Gambar 14 (b), setelah proses *anodizing* dan *colouring* pada pori-pori aluminium terlihat sudah mulai tertutup secara merata, akan tetapi dari tampilan visual permukaannya terlihat kasar, hal itu disebabkan karena jarak elektroda terlalu dekat dapat meningkatkan kemampuan larutan elektrolit untuk menyerang (*chemical attack*) lapisan oksida untuk membentuk pori yang lebih lebar pada permukaan, sehingga zat warna akan terdeposisi ke dalam pori lebih banyak. pori-pori yang terbentuk tersebut kurangnya tidak merata akan tetapi warna yang dihasilkan lebih pekat dari yang lainnya. Hal ini sesuai dengan pendapat (Yoriya 2012), bahwa jarak anodakotoda yang semakin dekat akan membentuk pori yang semakin besar pada permukaan anodisasi.



Gambar 15. Foto makro jarak elektroda 3 cm, (a). Setelah proses *anodizing*, (b). Setelah proses *anodizing* dan *colouring*

Gambar 13 menunjukkan hasil pengujian foto makro dari permukaan aluminium yang telah di *anodizing*, pada Gambar 15 (a) pada Gambar 15 (b), setelah proses *anodizing* dan *colouring*, pori-pori aluminium sudah tertutup namun secara visual warna yang ada di permukaannya terlihat lebih halus dan lebih homogen dibandingkan dengan dengan jarak elektroda 2 cm. Hal itu diduga karena pori-pori yang terbentuk lebih merata, dikarenakan jarak elektroda yang tidak terlalu dekat menyebabkan kemampuan larutan elektrolit untuk menyerang (*chemical attack*) lapisan oksida untuk membentuk pori - poritidak begitu lebar pada permukaan, sehingga pada proses *colouring*, larutan pewarna yang masuk pada pori-pori aluminium menjadi lebih baik.



Gambar 16. Foto makro jarak elektroda 4 Cm,

(a).Setelah proses anodizing, (b). Setelah proses anodizing dan colouring

Gambar 16 menunjukkan hasil pengujian foto makro dari permukaan aluminium yang telah di *anodizing*, dari gambar di atas maka dapat disimpulkan bahwa pada Gambar 16 (a) setelah proses *anodizing* pori-pori aluminium yang terbentuk sudah sangat baik dan masih flat. Sedangkan pada Gambar 16 (b) setelah proses *anodizing* dan *colouring*, pori-pori aluminium sudah tertutup oleh larutan pewarna dan larutan *sealing*. Secara visual permukaannya terlihat lebih halusakan tetapi di beberapa bagian masih terlihat kasar. Hasil dari proses *colouring* terlihat lebih tipis dibandingkan dengan jarak elektroda 2 cm dan 3 cm. Hal itu disebabkan karena jarak elektroda agak terlalu jauh menyebabkan persentase pembentukan pori- pori akan semakin kecil, sehingga menyebabkan zat warna tidak dapat terserap dengan baik.

3. Hasil Pengujian Kekasaran permukaan pada Aluminium seri 1XXX

Pengujian kekasaran permukaan bertujuan untuk membandingkan nilai kekasaran permukaan raw material, ketebalan lapisan oksida setelah dianodizing dan *colouring* pada Aluminium seri 1XXX. Dari penelitian kekasaran dapat diketahui nilai kekasaran rata-rata (Ra), kekasaran maksimum (Rmax) dan kekasaran total rata-rata (Rz). Berikut adalah hasil dari pengujian kekasaran raw material, spesimen setelah proses anodizing dan *sealing*.

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian kekasaran setelah proses *anodizing* dan *colouring*, dapat disimpulkan dengan menggunakan tabel dan grafik sebagai berikut.

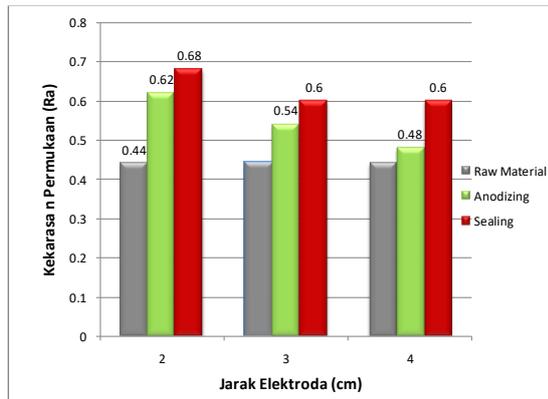
Tabel 2 Hasil pengujian kekasaran pada bahan Aluminium seri 1XXX

No	Jarak Elektroda	Posisi Titik Uji	Kekasaran Ra (µm)	Kekasaran Rmax (µm)	Kekasaran Rz (µm)
1	Raw Material	Acak	0,44	5,31	3,74
2	2 cm	Anodizing	0,62	6,46	4,90
		Sealing	0,68	7,96	5,45
3	3 cm	Anodizing	0,54	5,60	3,90
		Sealing	0,60	6,10	4,46
4	4 cm	Anodizing	0,48	5,41	3,86
		Sealing	0,60	5,64	4,18

Berdasarkan tabel 2 menunjukkan bahwa hasil pengujian kekasaran pada permukaan Aluminium seri 1XXX setelah *anodizing* dengan jarak elektroda 2 cm, 3cm dan 4 cm. Nilai kekasaran pada jarak 2 cm setelah dianodizing adalah Ra 0,62µm, Rmax 6,46µm dan Rz 4,90 µm. Pada jarak elektroda 3 cm menghasilkan nilai kekasaran Ra 0,54, Rmax 6,10µm dan Rz 3,90µm. Dan nilai kekasaran di jarak elektroda 4 cm dengan nilai Ra 0,48µm, Rmax 5,64 µm dan Rz 4,18µm. Dari tabel diatas dapat diketahui secara keseluruhan nilai kekasaran yang paling tinggi pada proses *anodizing* ada pada jarak elektroda 2 cm Ra 0,62 µm, Rmax 6,46µm dan Rz 4,90 µm. Dan kekasaran yang terendah ada jarak pada elektroda 4 Cm Ra 0,48 µm, Rmax 5,64 µm dan Rz 4,18µm.

Dari tabel 2 menunjukkan hasil pengujian kekasaran pada permukaan Aluminium seri 1XXX setelah *anodizing* dan *colouring* dengan jarak elektroda 2 cm, 3cm dan 4 cm. Nilai kekasaran pada jarak 2 cm setelah dianodizing adalah Ra 0,68 µm, Rmax 7,96 µm dan Rz 5,45 µm. Pada jarak elektroda 3 cm menghasilkan nilai kekasaran Ra 0,60, Rmax 5,60 µm dan Rz 4,46 µm. Dan nilai kekasaran di jarak elektroda 4 Cm dengan nilai Ra 0,60 µm, Rmax 4,90 µm dan Rz 4,18µm. Dari tabel diatas dapat diketahui secara keseluruhan nilai kekasaran yang paling tinggi pada proses anodizing dan *colouring* ada pada jarak elektroda 2 Ra 0,68 µm, Rmax 7,96 µm dan Rz 5,45 µm. Dan kekasaran yang

terendah ada jarak elektoda 4 cm Ra 0,48 μm , Rmax 5,64 μm dan Rz 4,18 μm .



Gambar 17 Grafik perbandingan antara nilai kekasaran Ra dengan jarak elektroda setelah proses *Anodizing* dan *Sealing*.

Grafik diatas pada Gambar 17 menunjukkan pada jarak elektroda 2 cm, 3cm dan 4 cm pada proses *anodizing* menghasilkan nilai kekasaran Ra, 2 cm 0,62 μm , 3 cm 0,54 μm dan 4 cm 0,48 μm secara berurutan. Sedangkan nilai kekasaran Ra setelah proses *anodizing* dan *colouring* menghasilkan nilai Ra, 2 cm 0,68 μm , 3 cm 0,60 μm dan 4 cm 0,60 μm secara berurutan. Kemudian nilai kekasaran Ra yang tertinggi setelah proses *anodizing* dengan jarak elektroda 2 cm sebesar 0,60 μm dan terendah dengan jarak elektroda 4 cm sebesar 0,48 μm sedangkan nilai kekasaran Ra tertinggi setelah proses *anodizing* dan *colouring* ada jarak elektroda 2cm sebesar 0,68 μm . Dan yang terendah dengan jarak elektroda 4 cm sebesar 0,60 μm . Dari hasil pengujian yang dilampirkan pada grafik diatas, maka dapat disimpulkan bahwa jarak elektroda berpengaruh terhadap kekasaran permukaan pada bahan Aluminium seri 1XXX, karena jarak elektroda semakin akan menyebabkan pembentukan pori – pori yang lebih besar dan semakin jauh jarak elektroda maka pembukaan pori-pori semakin rata dan permukaan lebih halus.

4. Hasil Pengujian Kekerasan (*Vickers*) Pada Permukaan Aluminium

Pengujian kekerasan pada permukaan bertujuan untuk membandingkan nilai kekerasan permukaan *raw material*, ketebalan lapisan oksida setelah *anodizing*, *coloring* dan *sealing* pada aluminium 1XXX. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Vickers Micro Hardness*

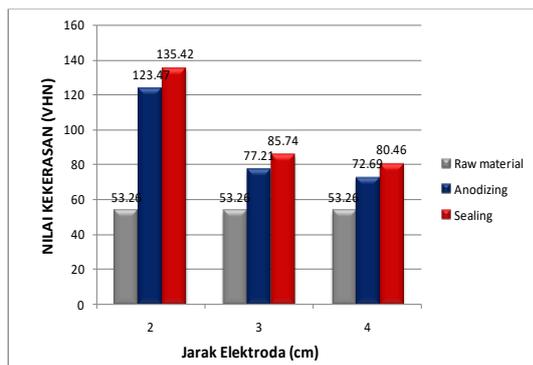
(*VHN*) dengan pembebanan 100 gf. Hasil daripengujian tersebut kemudian dihitung untuk mengetahui tingkat kekerasan pada permukaan aluminium seri 1XXX yang sudah *dianodizing* dengan variasi asam sulfat pada larutan *anodiz*.

Berikut ini adalah hasil pengujian dan perhitungan yang telah di lakukan pada aluminium seri 1XXX sebelum dan sesudah *anodizing* serta *colouring* dengan variasi konsentrasi asam sulfat larutan *anodiz* pada proses *anodizing*.

Tabel 3 Hasil pengujian dan perhitungan kekerasan permukaan setelah proses *anodizing* dengan jarak elektroda 2 Cm, 3Cm, 4 Cm.

No	Jarak Elektroda	Posisi Titik Uji	D1	D2	D _{rata-rata} (μm)	Kekerasan (VHN)	Kekerasan Rata-rata (VHN)
			(μm)	(μm)			
1	Raw Material	Acak	56	62	59	53,26	48,54 \pm 4,08
			62,25	62,25	62,25	47,84	
			64	64	64	45,26	
2	2 cm	Anodizing	43	42	42,5	102,14	100,94 \pm 23,15
			38	39,5	38,75	123,47	
			49	49	49	77,21	
		Sealing	37,5	37,5	37,5	135,42	
			47	47	47	83,92	
			46	46,5	46,25	86,67	
3	3 cm	Anodizing	52	52	52	68,56	73,81 \pm 4,61
			38	39,5	38,75	75,66	
			46,5	51,5	49	77,21	
		Sealing	46,5	46,5	46,5	85,74	
			52,5	41	46,75	84,82	
			51	51	51	71,28	
4	4 cm	Anodizing	53,5	52	52,75	66,62	70,43 \pm 3,31
			51	50	50,5	72,69	
			52,5	49	50,75	71,98	
		Sealing	48	48	48	80,46	
			48	48	48	80,46	
			48	51	49,5	80,46	

Table di atas menunjukkan hasil pengujian mikro vickers pada permukaan aluminium yang telah di *anodizing* dengan variasi jarak elektroda. Dari table diatas dapat di analisis bahwa setiap titik memiliki nilai yang berbeda, pada jarak elektroda 2 cm kekerasan permukaan yang terbentuk lebih tinggi dari variasi konsentrasi jarak elektroda lainnya dan terendah jarak elektroda 4 cm. Nilai kekerasan tertinggi pada jarak elektroda 2 cmmeningkat signifikan dari 48,54 VHN (raw material) menjadi 102,003 VHN, sedangkan pada jarak elektroda 3 cm dan 4 cm mengalami kekerasan tidak terlalu jauh dari keduanya. Tetapi jika dibandingkan dengan jarak 2 cm mengalami penurunan kekerasan yang di sebabkan karena jarak elektroda tidak terlalu dekat. Jarak elektroda 3 cm dengan nilai kekerasan 80,61 VHN dan pada jarak 4 cm nilai kekerasan yang di alami 80,46 VHN.



Gambar 16 Grafik perbandingan antara nilai kekerasan (VHN) rata-rata dengan jarak elektroda setelah proses *anodizing* dan *sealing*.

Grafik diatas pada Gambar menunjukkan pada jarak elektroda setelah proses *anodizing* menghasilkan kekerasan rata-rata sebesar 123,47 VHN, 77,21 VHN, dan 72,69 VHN secara berurutan. Sedangkan pada variasi konsentrasi yang sama setelah proses *anodizing* dan *colouring* menghasilkan nilai kekerasan rata-rata sebesar 135,42 VHN, 85,74 VHN, dan 80,46 VHN secara berurutan. Dari hasil pengujian yang ditunjukkan pada grafik diatas, maka dapat disimpulkan bahwa jarak elektroda pada proses *anodizing* mempengaruhi nilai kekerasan permukaan dari aluminium seri 1XXX. Kemudian untuk nilai kekerasan tertinggi pada jarak elektroda 2 Cm setelah proses *anodizing* sebesar 123,47 VHN, sedangkan nilai kekerasan tertinggi setelah proses *anodizing* dan *sealing* pada jarak elektroda yang sama yaitu sebesar 135,42 VHN. Dapat disimpulkan bahwa semakin dekat jarak elektroda yang diterapkan maka akan semakin keras tingkat kekerasan yang dihasilkan. Dikarenakan lapisan yang terbentuk akan semakin tebal, sehingga meningkat juga nilai kekerasannya, karena ion-ion lebih cepat bergerak dari katoda menuju anoda, karena jarak yang lebih dekat. Hal tersebut sesuai dengan yang

disimpulkan (Lee, J., dkk 2012), yang melakukan penelitian dengan variasi larutan sealing pada Al 5052 yang telah dianodisasi dengan berbagai jenis larutan sealing, dandikatakan bahwa proses sealing dapat meningkatkan kekerasan permukaan hasil anodisasi. Nilai kenaikan kekerasan yang terjadi tergantung dari jenis larutan sealing yang digunakan.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisa data dan pembahasan hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan beberapa poin penting sebagai berikut:

1. Semakin jauh Jarak elektroda maka ketebalan lapisan oksida menjadi berkurang, ketebalan setelah proses anodizing berturut-turut adalah 9,58 μm , 8,51 μm dan 8,09 μm . Ketebalan setelah proses colouring dan sealing berturut-turut adalah 11,09 μm , 10,28 μm dan 9,36 μm . Pembentukan lapisan oksida semakin tebal seiring dengan jarak elektroda yang semakin dekat.
2. Proses anodizing dengan jarak elektroda mempengaruhi struktur permukaan. Jarak elektroda 3 cm menghasilkan permukaan yang lebih lebih merata dari jarak elektroda 2 cm dan 4 cm, pori-pori yang terbentuk lebih rata larutan pewarna yang masuk pada pori-pori aluminium lebih baik dari jarak elektroda lainnya.
3. Material Aluminium seri 1xxx hasil *Anodizing* mengalami penurunan kekasaran seiring dengan semakin jauh jarak elektroda, nilai kekasaran pada jarak 2 cm setelah dianodizing adalah Ra 0,62 μm , jarak elektroda 3 cm menghasilkan nilai kekasaran Ra 0,54 μm . Dan nilai kekasaran di jarak elektroda 4 cm dengan nilai Ra 0,48.
4. Jarak elektroda berpengaruh terhadap kekerasan, untuk nilai kekerasan tertinggi pada jarak elektroda 2 cm 123,47 VHN setelah proses *anodizing* dan terendah pada jarak 4 cm 53,26 VHN, nilai kekerasan tertinggi setelah proses *anodizing* dan *sealing* pada jarak elektroda 2 cm 135,42 VHN dan terendah pada jarak 4 cm 80,86 VHN.

DAFTAR PUSTAKA

- Febriyanti, E., (2011), Optimasi Proses Pelapisan Anodasi Kerasi Pada Paduan Aluminium. Jurnal. Majalah Metalurgi. Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur (B2TKS).
- Gazapo, J. L., J. Gea, (2009), TALAT Lecture 5203: ANODIZING of ALUMINIUM. Lecture. Training in Aluminium Application Technologies (TALAT). European Aluminium Association (EAA).
- Hutasoit, R. M., (2008), *Pengaruh Penambahan Konsentrasi Asam Oksalat Terhadap Ketebalan Lapisan Oksida pada Aluminium Foil Hasil Proses Anodisasi*. Skripsi. tidak diterbitkan. Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Juhl, A. D., (2005), Pulse anodising of aluminium. Jurnal, Surface Treatment. Aluminium International *Today*.
- Lee, J., 2012. *Cr2O3 sealing of anodized aluminum alloy by heat treatment*. ELSEVIER:2012.
- Sipayung, S. P. P., (2008), Pengaruh Penambahan Konsentrasi Asam Sulfat Pada Larutan Elektrolit Asam Oksalat 0,5 M Terhadap Ketebalan Lapisan Oksida Hasil Anodisasi Aluminium Foil. Skripsi. Tidak diterbitkan. Departemen Teknik Metalurgi Dan Material, Universitas Indonesia.
- Yerokhin, A., Khan, R. H. U., (2010), Anodizing of Light Alloys. Woodhead Publishing Limited. Surface engineering of light alloys. University of Sheffield, UK, and University of Birmingham, UK.
- Yoriya, S. 2012. *Effect of Inter-Electrode spacing on Electrolyte Properties and Morphologies of Anodic TiO2 Nanotube Array Films*, Thailand. Electrochemical Science:2012.