

Efek Tegangan dan Konsentrasi Larutan Asam Sulfat pada Pembentukan Burned Anodizing Pada Proses Anodisasi Aluminum Foil

Hairul Arsyad^{a,1}, Nurkhofifah Marsing^a

^aProgram Studi Teknik Mesin, Universitas Hasanuddin, Makassar, 90221

¹arsyadhairul@yahoo.com

ABSTRACT

The surface engineering process involving electrochemical methods is the anodization process. Anodization is an electrochemical process that produces anodic oxide on the surface that can change the surface properties. In the anodization process, burned anodizing and surface cracking during the anodizing process hurt the surface quality. This study tries to see the formation of an aluminum oxide layer that causes burned anodizing and surface cracking by adjusting the voltage and concentration of the solution. This study uses aluminum foil as a sample and graphite as an electrode. Anodization is carried out by providing a voltage range of 8 to 16 volts at two H₂SO₄ solution 2M and 3M concentrations. Observations of surface characteristics include micro and macro surface structures, surface roughness, and surface morphology. Calculations of the burned area are also carried out for each treatment. The test results show that the percentage of burned area increases with increasing voltage and concentration. The smallest burned area percentage was obtained with a value of 4% for samples at a voltage of 8 Volts and a solution concentration of 2M. In contrast, the maximum value was obtained, reaching 95% of the area burned on the surface for samples of 16 Volts at a concentration of 3 M. However, a tendency was obtained to decrease surface roughness with increasing anodization voltage in both the non-burned and burned areas. From the test results using SEM, it was also found that surface cracks occurred in addition to being burned on the surface

Keywords: Aluminum Foil, Anodization, Voltage, Solution Concentration, Burned Anodizing

Received 2 September 2024; **Presented** 2 Oktober 2024; **Publication** 20 Januari 2025

DOI: 10.71452/590785

PENDAHULUAN

Aluminum memiliki sejumlah kelebihan bilang dibandingkan dengan logam lainnya sehingga dalam aplikasinya termasuk logam dengan rentang penggunaan yang sangat luas seperti pada bidang konstruksi, transportasi, militer, kedokteran, kelistrikan, pembangkit dan banyak lagi. Sifat-sifat unggul yang dimiliki membuat logam aluminum dan paduannya menjadikannya sebagai logam yang selalu menjadi pilihan utama untuk berbagai produk keteknikan. Aluminum dapat memiliki rasio kekuatan terhadap densitas yang tinggi, Tingkat keuletan yang tinggi, konduktifitas termal dan listrik yang baik, unggul pula pada ketahanan terhadap serangan korosi [1]. Kelebihan lainnya adalah bahwa aluminum dan paduannya dapat hadir dengan berbagai bentuk dan ukuran mulai dalam bentuk slab, ingot, beam lembaran bahkan dalam bentuk foil.

Lembaran aluminum dengan ketebalan dibawah 200 um dikenal sebagai aluminum foil. Penggunaan aluminum foil sangat luas seperti sebagai bahan untuk isolasi termal, koil listrik, digunakan juga dalam struktur sarang lebah, kapasitor, wadah, penggunaan rumah tangga, pengemas makanan hingga produk dekoratif.

Anodisasi merupakan salah satu metode dalam perbaikan mutu permukaan suatu logam. Proses ini adalah suatu proses elektrokimia yang bertujuan utamanya untuk meningkatkan ketahanan korosi dan kekerasan permukaan logam [2]. Proses ini menciptakan lapisan oksida pada permukaan logam yang memiliki karakteristik khusus berupa lapisan oksida logam dengan struktur yang dapat dikontrol melalui beberapa parameter anodisasi.

Anodisasi merupakan proses elektrokimia yang bertujuan untuk melakukan rekayasa pada permukaan logam. Tujuan dari proses anodisasi diantaranya adalah peningkatan terhadap ketahanan korosi pada permukaan, tujuan estetika, isolasi listrik dan membuat adhesi yang baik dalam pewarnaan permukaan logam [3]. Penelitian terkait anodisasi pada lembaran aluminum foil telah dilakukan. Li dkk meneliti anodisasi pada aluminum foil untuk bahan dielektrik yang akan dipakai sebagai bahan kapasitor menggunakan arus DC dalam proses anodisasinya. Penggunaan arus DC dapat menghasilkan sejumlah panas lokal yang tinggi dan adanya reaksi sampingan yang tidak diharapkan, konsumsi energi yang tinggi dan kualitas permukaan anodisasi yang buruk [4]. Song, M dkk meneliti tentang penggunaan Teknik anodisasi dalam memodifikasi permukaan aluminum foil untuk mendapatkan

permukaan dengan sifat superhidropilik dan superhidrofobik menggunakan larutan asam oleic dan larutan sodium klorida untuk aplikasi pada permukaan aerofoil, keperluan radar, rekayasa permukaan pipa untuk air conditioner, atau refrigerator [5]

Penelitian lain terkait anodisasi pada aluminium foil juga dilakukan oleh Nualsing, D dkk, penggunaan metode anodisasi pada permukaan aluminium foil untuk menghasilkan lapisan film aluminium oksida dengan mengoptimalkan parameter anodisasi. Penelitian tersebut dilakukan dalam rangka pengembangan penyimpan energi termal yang lebih efisien dalam menangkap panas untuk menghasilkan listrik untuk keperluan pemanas surya [6].

Namun demikian dalam proses anodisasi, pemilihan parameter anodisasi menjadi sangat penting seperti penggunaan arus, jenis larutan kimia serta konsentrasi larutan. Pemilihan parameter yang kurang tepat akan menghasilkan permukaan yang tidak sesuai harapan. Pada proses anodisasi sering dijumpai kualitas permukaan yang tidak bermutu seperti hadirnya retak, pori dan bahkan kondisi terbakar (burned).

Burning pada hasil anodisasi adalah fenomena yang bersifat lokal pada area tertentu berupa dijumpainya atau terbentuknya lapisan oksida yang lebih tebal namun terjadi degradasi pada permukaan lapisan. Degradasi permukaan dapat berupa retak-retak, pori dan kondisi terbakar dalam jumlah signifikan sehingga dapat dibedakan dengan permukaan lainnya [7].

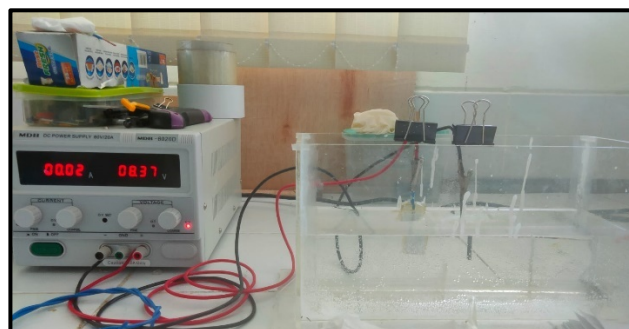
Kondisi permukaan yang terbakar dapat dihasilkan pada proses anodisasi dengan menggunakan tegangan DC yang relative tinggi yang menyebabkan larutan kimia yang digunakan menjadi panas dan menyentuh permukaan sehingga menyebabkan fenomena burning [8]. Fenomena burning pada proses anodisasi juga diteliti oleh Aerts, T dkk menggunakan larutan asam sulfur. Fenomena ini terjadi disebabkan oleh mekanisme perpindahan panas yang tidak terkontrol yang memicu terjadinya burning pada permukaan.

Pada penelitian ini, terbentuknya degradasi permukaan hasil anodisasi berupa burning, retak dan pori pada aluminium foil pada larutan asam sulfat menjadi fokus dan tujuan penelitian. Pemetaan terhadap daerah terdegradasi dengan variasi arus dan konsentrasi larutan pada proses anodisasi pada lembaran aluminium foil dapat dijadikan sebagai bahan diskusi untuk lebih memahami fenomena tersebut dalam rangka pemilihan parameter anodisasi yang tepat.

METODOLOGI

Lembaran Aluminium foil dengan kemurnian 99,9 % serta dimensi panjang 3 cm, lebar 2 cm, dan tebal 0,2 mm menjadi bahan penelitian. Elektroda berbahan grafit digunakan sebagai katoda serta larutan Asam sulfat dengan variasi konsentrasi 2 M dan 3 M sebagai media elektrolit.

Sebelum proses anodisasi lembaran aluminium foil dibersihkan dari kotoran serta minyak yang melekat menggunakan aquades dan natrium karbonat. aluminium foil direndam larutan 5gr/liter natrium karbonat untuk menghilangkan debu, kotoran dan minyak yang menempel pada permukaan aluminium foil. Selanjutnya aluminium foil dibilas dengan air yang mengalir dan kemudian dikeringkan.



Gambar 1. Set-up pengujian anodisasi menggunakan larutan asam sulfat dengan variasi tegangan

Pada proses anodizing, lembaran aluminium foil dicelupkan ke dalam wadah berisi larutan asam sulfat (H_2SO_4) dengan konsentrasi 2 M dan 3 M, Dimensi aluminium foil yang tercelup adalah Panjang 2 cm, lebar 2 cm dan tebal 0,2 mm. Tegangan yang digunakan 8 volt, 10 volt, 12 volt, 14 volt dan 16 volt menggunakan sumber tegangan DC. Jarak antara anoda dan katoda yang berjarak 5 cm. Selama proses anodisasi dilakukan pengukuran waktu anodisasi hingga terlihat adanya daerah burning yang terbentuk. Proses anodisasi yang dilakukan diperlihatkan pada gambar 1.

Lembaran aluminium foil yang telah dianodisasi kemudian dikeringkan dan selanjutnya dengan menggunakan 3D laser mikroskop Olympus OLS4100 dilakukan observasi permukaan untuk mendapatkan struktur mikro permukaan. Selain itu pengukuran kekasaran permukaan juga dilakukan dengan alat yang sama. Observasi lebih detail terhadap permukaan dilakukan menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM). Perhitungan estimasi area permukaan yang mengalami burning dilakukan dengan menggunakan

foto makro yang diberi pola kotak kecil pada keseluruhan foto makro, seperti terlihat pada gambar 2.



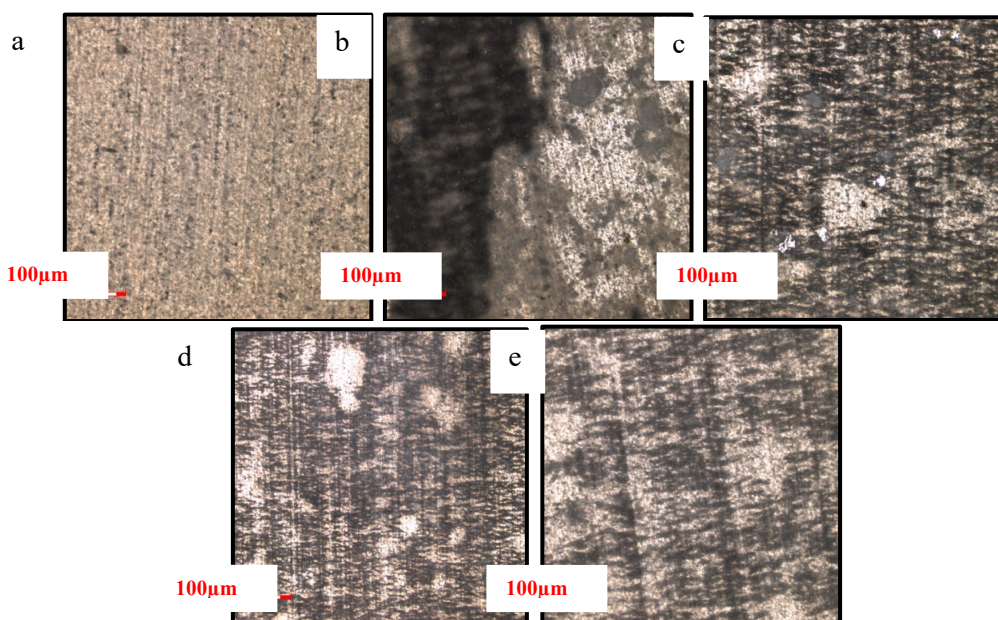
Gambar 2. Metode pengukuran daerah burning

HASIL DAN PEMBAHASAN

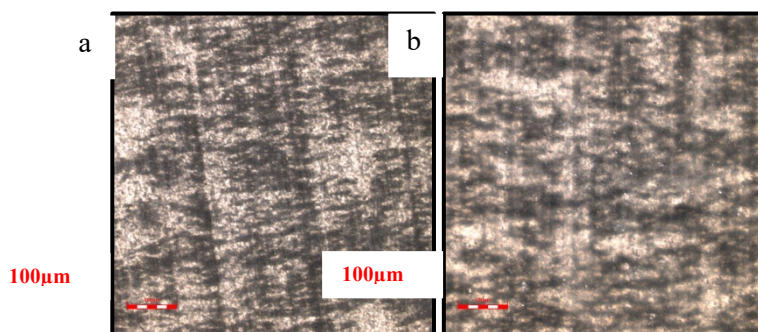
Gambar 3 memperlihatkan struktur mikro dari permukaan lembaran aluminium foil tanpa anodisasi dan dengan anodisasi. Gambar 3 adalah foto permukaan aluminium foil tanpa anodisasi dengan permukaan yang relative halus meskipun terlihat adanya goresan kecil akibat perlakuan pada saat pencucian sampel. Gambar 3 a-e adalah aluminium foil dengan anodisasi pada larutan asam sulfat 2M dengan variasi tegangan. Pada gambar 3a tidak dijumpai adanya kerusakan lapisan oksida pada permukaan pada tegangan 8 Volt tetapi lapisan oksida yang terlihat lebih homogen dengan distribusi pori kecil yang merata, Gambar 3b hingga 3e sudah terlihat adanya daerah burning dengan karakteristik yang berbeda. Pada tegangan 10 volt dengan konsentrasi asam sulfat 2M terdapat area nonburning dan burning yang menempati area yang berbeda. Pada tegangan yang lebih tinggi dominasi daerah burning mengalami peningkatan.



Gambar 3. Foto mikro permukaan aluminium foil non *anodizing*



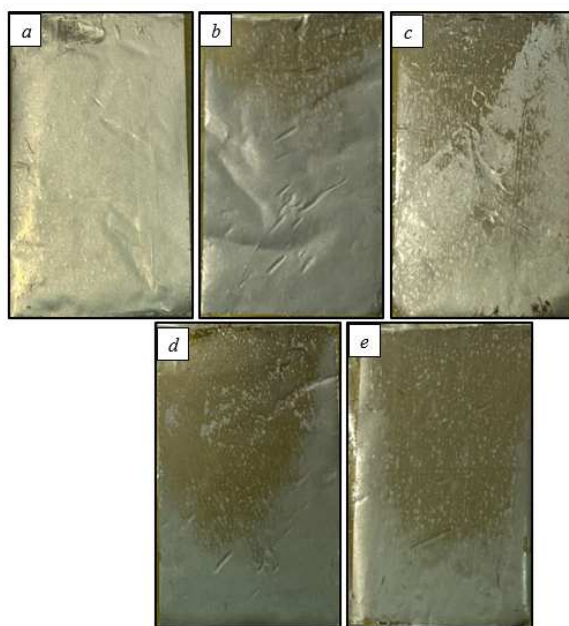
Gambar 4. Foto mikro permukaan lapisan aluminium foil hasil anodisasi dengan variasi tegangan pada konsentrasi larutan elektrolit 2 Molar pembesaran 200 kali (a) tegangan 8 volt, (b) tegangan 10 volt, (c) tegangan 12 volt, (d) tegangan 14 volt, dan (e) tegangan 16 volt.



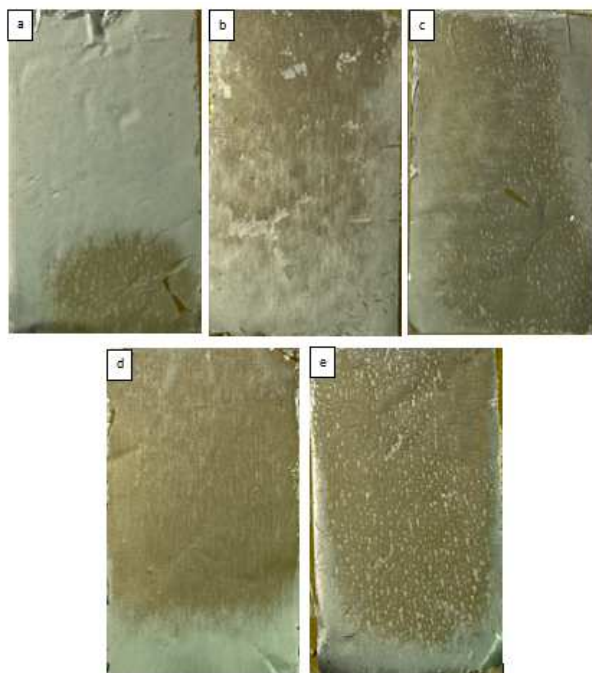
Gambar 5 Foto mikro permukaan lapisan aluminium foil hasil anodisasi dengan konsentrasi larutan asam sulfat pada tegangan 16 volt pembesaran 200 kali (a) 2 molar dan (b) 3 molar.

Gambar 6 dan gambar 7 dibawah memperlihatkan foto makro dari lembaran aluminium foil yang telah dianodisasi. Gambar 6 adalah foto permukaan untuk kondisi

2 M dengan variasi tegangan. Sedangkan gambar 7 adalah foto permukaan untuk kondisi 3 M dengan variasi tegangan



Gambar 6. Foto makro permukaan aluminium foil hasil anodizing dengan variasi tegangan pada konsentrasi larutan elektrolit 2 molar (a) 8 volt, (b) 10 volt, (c) 12 volt, (d) 14 volt, dan (e) 16 volt.



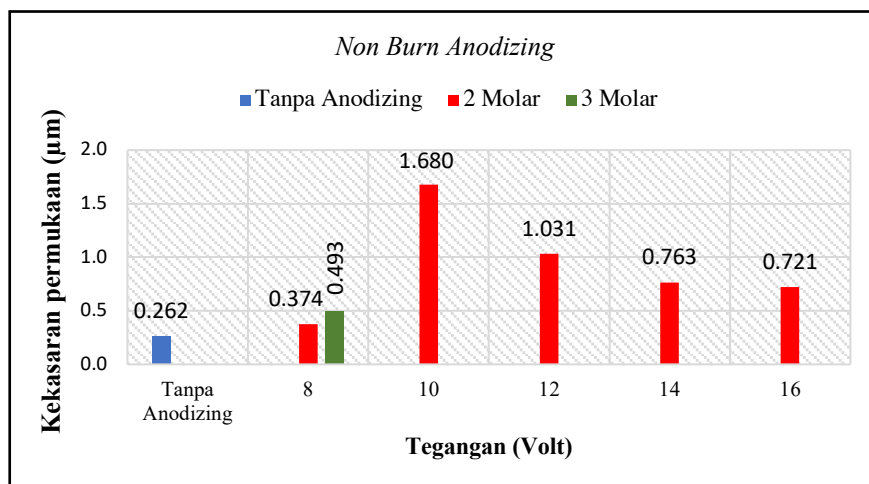
Gambar 7. Foto makro permukaan aluminium foil hasil anodizing dengan variasi tegangan pada konsentrasi larutan elektrolit 3 molar (a) 8 volt, (b) 10 volt, (c) 12 volt, (d) 14 volt, dan (e) 16 volt

Tabel 1 Luas area burn anodizing

Variasi Tegangan (V)	Konsentrasi (M)	Luas Area <i>Burn</i>
8	2	6%
10		17%
12		20%
14		55%
16		57%
8	3	21%
10		46%
12		75%
14		79%
16		95%

Berdasarkan gambar 6 dan 7 dibuat kalkulasi untuk mengetahui persentase daerah burning yang disajikan pada tabel 1. Tabel 1 memperlihatkan bahwa daerah burning semakin luas berdasarkan persentase dengan naiknya parameter anodisasi yaitu tegangan dan konsentrasi larutan. Luas area burning terkecil diperoleh untuk kondisi 2M dan 8 volt sebesar 6% sedangkan luas area terbesar sebesar 95 % pada kondisi 3M dan 16 Volt. Untuk kondisi tegangan yang sama namun

konsentrasi larutan elektrolit berbeda terlihat luas area burning yang lebih besar untuk konsentrasi 3 M. Demikian pula bahwa dengan konsentrasi yang sama namun tegangan yang berbeda juga dijumpai area burning yang lebih besar pada tegangan yang lebih tinggi. Sehingga dapat dinyatakan bahwa konsentrasi dan tegangan memberikan peran penting pada terciptanya area burning pada proses anodisasi lembaran aluminium foil.

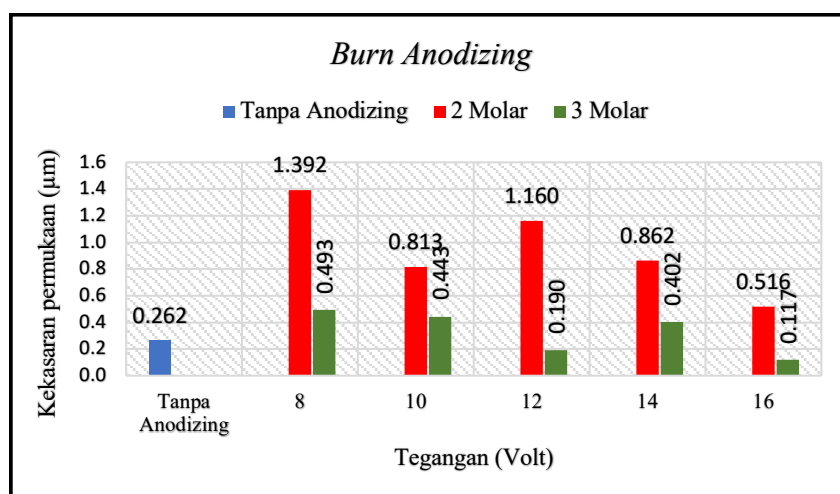


Gambar 8 hubungan variasi tegangan dengan nilai kekasaran permukaan aluminium foil area Non burn anodizing pada konsentrasi larutan 2 molar dan 3 molar dan tanpa anodizing

Gambar 8 memperlihatkan hasil pengukuran kekasaran permukaan untuk area non burning baik pada konsentrasi 2M dan 3M yang juga dibandingkan dengan tanpa anodisasi. Kekasaran awal dari aluminium foil sebelum anodisasi terukur sebesar 0.262 mikron (tanpa anodisasi). Pada sampel 2M diperoleh bahwa terdapat daerah nonburning untuk semua variasi tegangan, sementara untuk konsentrasi 3M daerah non-burning hanya terdapat pada tegangan 8 volt dan pada tegangan yang lebih tinggi seluruhnya adalah area burning. Nilai kekasaran permukaan untuk area non burning secara umum cenderung menurun dengan naiknya tegangan. Tegangan yang lebih tinggi kemungkinan memicu keseragaman laju pertumbuhan lapisan oksida yang lebih merata sehingga mengindikasikan topografi lapisan oksida lebih seragam.

Gambar 9 memperlihatkan hasil pengukuran kekasaran permukaan untuk area burning. Dari gambar

terlihat bahwa tingkat kekasaran permukaan lebih tinggi pada kondisi larutan 2M dibanding 3M untuk semua variasi tegangan dan nilai kekasaran permukaan juga terlihat berfluktuasi dengan naiknya tegangan. Kondisi kekasaran permukaan yang tidak memiliki kecenderungan tersebut dapat menjadi indikator bahwa karakteristik permukaan menjadi sulit terprediksi pada area burning untuk setiap konsentrasi larutan. Konsentrasi larutan 3M menghasilkan kekasaran permukaan yang lebih rendah dibandingkan konsentrasi 2M untuk semua variasi tegangan, hal ini berarti bahwa pada area burning, pertumbuhan lapisan oksida lebih cepat dan cenderung menghasilkan permukaan yang lebih merata atau relative lebih flat dibandingkan kondisi 2M. Hal yang sama telah dijumpai pada area nonburning Dimana pada konsentrasi larutan 3M Tingkat kekasaran permukaan yang lebih rendah dibandingkan konsentrasi larutan 2M



Gambar 9. Hubungan tegangan dengan nilai kekasaran permukaan aluminium foil pada area burning pada konsentrasi larutan 2 molar dan 3 molar serta tanpa anodisasi.

Tabel 2 memperlihatkan hubungan antara variasi tegangan terhadap lama waktu terbentuknya area burning untuk konsentrasi larutan 2M. pada tegangan 8 volt dibutuhkan waktu selama 85,57 menit hingga terlihat adanya area burning. Area burning terbentuk bila waktu anodisasi cukup lama meskipun tegangan yang diberikan lebih rendah. Walaupn demikian seperti telah dibahas diatas area burning untuk kondisi ini hanya sebesar 6 %. Selanjutnya dengan naiknya tegangan, waktu yang dibutuhkan hingga terlihatnya area burning menjadi lebih cepat.

Tabel 2. Hubungan variasi tegangan dengan lama waktu terbentuknya area burning dengan konsentrasi larutan 2 M

Tegangan (Volt)	Waktu Anodizing (Menit)
8	85.57
10	58.53
12	40.30
14	32.05
16	20.29

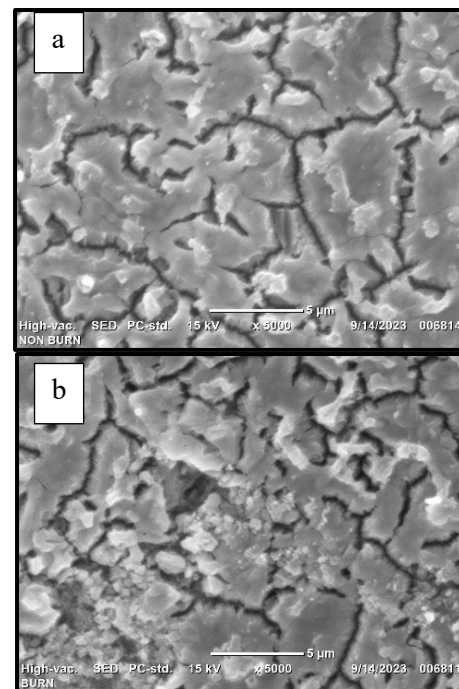
Tabel 3. Hubungan variasi tegangan dengan lama waktu terbentuknya area burning dengan konsentrasi larutan 3 M

Tegangan (Volt)	Waktu Anodizing (Menit)
8	60.42
10	42.09
12	38.04
14	24.28
16	15.30

Tabel 3 memperlihatkan lama waktu yang dibutuhkan hingga terlihat adanya area burning untuk konsentrasi larutan asam sulfat 3M. Bila dibandingkan dengan kondisi anodisasi pada konsentrasi 2M asam sulfat terlihat bahwa waktu yang dibutuhkan hingga terbentuknya area burning lebih cepat pada konsentrasi yang lebih tinggi (3M). Konsentrasi larutan yang lebih tinggi menyebabkan proses difusi ion menjadi lebih mudah dalam membentuk lapisan oksida pada permukaan anoda [9].

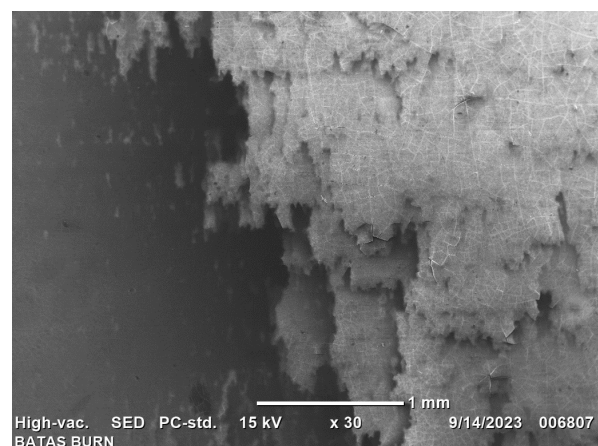
Gambar 10 merupakan morfologi permukaan menggunakan mikroskop electron untuk area burning dengan perbedaan konsentrasi. Permukaan dari lapisan oksida yang terbentuk terdiri atas retakan dan juga sejumlah pori, namun pada konsentrasi larutan asam sulfat 3M terdapat area burning yang selain memiliki

retakan juga memiliki area kerusakan berupa runtuh lapisan oksida.



Gambar 10 Foto morfologi permukaan area burning pada permukaan aluminium foil pada tegangan 8 volt (a) konsentrasi larutan asam sulfat 2M (b) 3M

Gambar 11 memperlihatkan hasil foto mikro menggunakan mikroskop elektron yang memperlihatkan batas-batas daerah burning dan non burning dengan sangat jelas dan sangat berbeda untuk kondisi tegangan 8 volt dan konsentrasi larutan 3M. Daerah burning dicirikan dengan permukaan yang terdiri dari banyak tonjolan-tonjolan lapisan oksida yang menumpuk satu sama lain.



Gambar 11 Foto morfologi permukaan pada daerah perbatasan antara area nonburning dan area burning pada kondisi tegangan 8 Volt dengan konsentrasi 3 M asam sulfat

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan pada lembaran aluminium foil yang mengalami proses anodisasi dengan variasi tegangan dan konsentrasi larutan asam sulfat terhadap terbentuknya area burning dapat disimpulkan :

1. Variasi Tegangan yang diterapkan dalam proses anodisasi memiliki dampak signifikan terhadap pembentukan *burned anodizing*. Tegangan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan *overheating* dan reaksi yang pertumbuhan oksida yang tidak seragam pada permukaan aluminium foil menghasilkan *burned anodizing*.
2. Konsentrasi larutan memiliki pengaruh yang sama dengan tegangan anodisasi. Konsentrasi yang tinggi dapat meningkatkan jumlah area terbentuknya lapisan *burn anodizing*, karena difusi ionic yang terlalu besar dan tidak terkontrol.
3. Hasil pengujian foto mikro, foto makro dan kekasaran permukaan lapisan aluminium foil hasil *anodizing* memperlihatkan bahwa pada lapisan oksida area burning didominasi dengan tonjolan-tonjolan pada permukaan dan mempengaruhi nilai kekasaran permukaan oksida yang terbentuk.
4. Pembentukan area burning selain dipengaruhi oleh tegangan dan konsentrasi larutan juga dipengaruhi oleh durasi anodisasi yang terjadi. Pada tegangan dan konsentrasi larutan yang rendah tetap akan menghasilkan area burning apabila durasi anodisasi lebih lama

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Ozgul Keles, Murat Dundar, Aluminum foil: Its typical quality problems and their causes, Journal of Materials Processing Technology, Volume 186, Issues 1–3, 2007, Pages 125-137.
- [2]. Herath, I., Davies, J., Will, G., Tran, P. A., Velic, A., Sarvghad, M., Yarlagadda, P. K. (2022). Anodization of medical grade stainless steel for improved corrosion resistance and nanostructure formation targeting biomedical applications. *Electrochimica Acta*, 416, 140274.
- [3]. Ofoegbu, S. U., Fernandes, F. A., & Pereira, A. B. (2020). The sealing step in aluminum anodizing: A focus on sustainable strategies for enhancing both energy efficiency and corrosion resistance. *Coatings*, 10(3), 226.
- [4]. Li, X., Lin, B., Xiong, L., & Du, X. (2020). Symmetric pulsed anodizing of aluminum foil for aluminum electrolytic capacitors. *ACS Applied Energy Materials*, 3(2), 1804-1810.
- [5]. Song, M., Liu, Y., Cui, S., Liu, L., & Yang, M. (2013). Fabrication and icing property of superhydrophilic and superhydrophobic aluminum surfaces derived from anodizing aluminum foil in a sodium chloride aqueous solution. *Applied surface science*, 283, 19-24.
- [6]. Nualsing, D., Pannucharoenwong, N., Rattanadecho, P., Echaroj, S., Benjapiyaporn, C., & Benjapiyaporn, J. (2021). Textural characteristic of anodized aluminium foil for thermal energy storage application. *Energy Reports*, 7, 720-729.
- [7]. P. Sheasby, R. Pinner (Eds.), *The Surface Treatment and Finishing of Aluminium and Its Alloys*, 6th ed., vol. 1, Finishing Publications Ltd., Stevenage, 2001.
- [8]. Jagminas, A., & Vrublevsky, I. (2020). Anodizing of aluminum under the burning conditions. *Nanostructured Anodic Metal Oxides*, 89-122.
- [9]. Yao, C., Lu, J., & Webster, T. J. (2011). Titanium and cobalt–chromium alloys for hips and knees. In *Biomaterials for artificial organs* (pp. 34-55). Woodhead Publishing.