TUGAS AKHIR – TL184834

ANALISIS PENGARUH VARIASI BEDA POTENSIAL TERHADAP UKURAN PORI DAN STRUKTUR PERMUKAAN ANODIC ALUMINIUM OXIDE (AAO) DENGAN METODE MILD ANODIZING

YOSAPAT KAROKARO
NRP. 02511640000025

Dosen Pembimbing
Dr. Lukman Noerochim, S.T., M.Sc(Eng).
Dr. Widyastuti, S.Si.,M.Si.

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR – TL 184834

ANALISIS PENGARUH VARIASI BEDA POTENSIAL TERHADAP UKURAN PORI DAN STRUKTUR PERMUKAAN ANODIC ALUMINIUM OXIDE (AAO) DENGAN METODE MILD ANODIZING

YOSAPAT KARO KARO
NRP. 02511640000025

Dosen Pembimbing
Dr. Lukman Noerochim, S.T., M.Sc(Eng).
Dr. Widyastuti, S.Si.,M.Si.

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

FINAL PROJECT – TL 184834

ANALYSIS OF THE EFFECT OF POTENTIAL DIFFERENCES VARIATIONS ON THE PORTION SIZE AND THE SURFACE OF ANODIC ALUMINUM OXIDE (AAO) USING THE MILD ANODIZING METHOD

YOSAPAT KARO KARO
NRP. 02511640000025

Supervisor
Dr. Lukman Noerochim, S.T., M.Sc(Eng).
Dr. Widyastuti, S.Si.,M.Si.

MATERIALS AND METALLURGICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology and System Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

(*This page is intentionally left blank*)

ANALISIS PENGARUH VARIASI BEDA POTENSIAL TERHADAP UKURAN PORI DAN STRUKTUR PERMUKAAN ANODIC ALUMINIUM OXIDE DENGAN METODE MILD ANODIZING

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material dan Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri dan Rekaya Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
YOSAPAT KARO KARO
NRP 02511640000025

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Dr. Lukman Noerochim, S.T.,M.Sc(Eng)..... (Pembimbing I)
2. Dr. Widyastuti, S.Si.,M.Si.....(Pembimbing II)

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM
DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI

SURABAYA
Juni 2020

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

ANALISIS PENGARUH VARIASI BEDA POTENSIAL TERHADAP UKURAN PORI DAN STRUKTUR PERMUKAAN ANODIC ALUMINIUM OXIDE (AAO) DENGAN METODE MILD ANODIZING

Nama : **Yosapat Karokaro**
NRP : **02511640000025**
Departemen : **Teknik Material**
Pembimbing I : **Dr. Lukman Noerochim, S.T., M.Sc(Eng)**
Pembimbing II : **Dr. Widyastuti, S.Si.,M.Si.**

Abstrak

Di era sekarang ini dunia telah memasuki revolusi industri 4.0. Pesatnya perkembangan teknologi tersebut berdampak pada peningkatan aktivitas manusia akan kebutuhan material terbarukan sebagai pengembangan dalam kehidupan sehari-hari. Anodic Aluminium Oxide (AAO) diperkenalkan sebagai material dengan permukaan berpori ukuran nano yang memiliki fungsi spesifik dalam berbagai disiplin ilmu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh variasi beda potensial terhadap struktur permukaan dan ukuran pori pada material Anodic Aluminium Oxide. Variasi beda potensial yang digunakan 40 Volt, 50 Volt dan 60 Volt selama 10 jam. Pada penelitian ini AAO disintesis menggunakan metode Mild Anodizing dengan prinsip two-step anodization menggunakan Material Al-6061. Material hasil proses sintesis dilakukan pengujian SEM, Untuk struktur permukaan didapat variasi perbedaan yang mencolok di setiap variabelnya. Persebaran pori terbanyak didapatkan pada rata-rata 377.753 pada 40 volt, 510.137 pada 50 volt dan 872.195 pada 60 volt. Terjadi peningkatan rata-rata pori terbanyak seiring peningkatan potensial. Hasil ukuran pori yang diperoleh dari penelitian dapat digunakan sebagai bahan membran dasar pembuatan nano-desalinator untuk aplikasi desalinasi air laut.

Kata Kunci: ***AAO, Anodizing, Pori, Struktur Permukaan***

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

ANALYSIS OF THE EFFECT OF POTENTIAL DIFFERENCES VARIATIONS ON THE PORTION SIZE AND THE SURFACE OF ANODIC ALUMINUM OXIDE (AAO) USING THE MILD ANODIZING METHOD

Student Name : Yosapat Karokaro
NRP : 02511640000025
Department : Material Engineering
Supervisor : Dr. Lukman Noerochim, S.T., M.Sc(Eng).
Co-Supervisor : Dr. Widyastuti, S.Si.,M.Si.

Abstract

In this new era, the world has entered the 4.0 Industrial Revolution, The rapid development of these technologies has an impact on increasing human activity in renewable materials used as a development for needs in daily life. Anodic Aluminum Oxide (AAO) was introduced as a nano-sized porous surface material that has specific functions in various disciplines. The purpose of this research are to synthesize and to analyze the effect of variations in potential differences on the surface structure and pore size of the Anodic Aluminum Oxide material. The potential difference variations used are 40 volts, 50 volts and 60 volts for 10 hours. In this study, AAO was synthesized using the Mild Anodizing method with the principle of two-step anodization using Material Al-6061. The material produced by the synthesis process is tested for SEM. For the surface structure, there are striking variations in each variable. The highest pore distribution was found at an average of 377,753 at 40 volts, 510,137 at 50 volts and 872,195 at 60 volts. There is an increase in the average pore most with increasing potential. Pore size results obtained from the study can be used as a basic membrane for the manufacture of nano-desalinator for seawater desalination applications.

Keywords: ***AAO, Anodizing, Pore, Surface Structure***

(*This page is intentionally left blank*)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis sampaikan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan hikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul "Analisis Pengaruh Variasi Beda Potensial terhadap Ukuran Pori dan Struktur Permukaan *Anodic Aluminium Oxide* (AAO) dengan Metode *Mild Anodizing*". Laporan ini disusun dan diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan studi di Departemen Teknik Material, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Penulis juga menyampaikan banyak terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis dari awal pelaksanaan tugas akhir hingga selesainya penyusunan laporan tugas akhir ini, diantaranya:

1. Tuhan Yesus yang selalu ada setiap saat dan setiap waktu yang memberi kelancaran dalam proses pengerjaan Tugas Akhir.
2. Kedua Orang Tua, abang dan adik penulis yang selalu mendukung serta mendoakan penulis.
3. Bapak Sigit Tri Wicaksono, S.Si.,M.Si.,Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Material
4. Bapak Moh. Farid, DEA. Selaku dosen wali yang telah membimbing, memberi saran serta nasihat selama perkuliahan.
5. Bapak Dr. Lukman Noerochim, S.T., M.Sc.(Eng).,Ph.D selaku pembimbing I tugas akhir yang telah membimbing, mendukung, memberi saran dan arahan serta nasihat dalam pelaksanaan tugas akhir dan penyusunan laporan tugas akhir ini.
6. Ibu Dr. Widyastuti, S.Si.,M.Si. selaku pembimbing II tugas akhir yang telah membimbing, memberi banyak masukan dan dukungan, saran serta nasihat dalam pelaksanaan tugas akhir dan penyusunan laporan tugas akhir ini.
7. Teman-teman seperjuangan, Welfrid, Sumihar, Angga, Rico, yang selalu mendukung pada masa pandemi ini.

8. Semua Pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan dukungan dan membantu kelancaran proses tugas akhir ini.

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini, penulis menyadari masih sangat banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Oleh karena itu, segala kritik, saran dan masukan yang membangun sangat diharapkan oleh penulis. Demikian semoga laporan ini dapat memberi informasi dan bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, 20 Juli 2020
Penulis

Yosapat Karo-karo

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... **i**
LEMBAR PENGESAHAN ..... **v**
Abstrak ..... **vii**
Abstract ..... **ix**
KATA PENGANTAR ..... **xi**
DAFTAR ISI ..... **xiii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xv**
DAFTAR TABEL ..... **xix**
1 BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 3
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Tujuan Penelitian 3
1.5 Manfaat Penelitian 3
2 BAB II TINJAUAN PUSTAKA **5**
2.1 Aluminium 5
2.1.1 Sifat Aluminium 6
2.2 *6061 Aluminium Alloy* 9
2.2.1 Komposisi Al 6061 10
2.2.2 Karakteristik Al 6061 10
2.3 Anodisasi 11
2.3.1 Pengertian *Anodizing* 11
2.3.2 Proses *Anodizing* 11
2.3.3 Faktor yang Mempengaruhi *Anodizing* 16
2.4 *Anodic Aluminium Oxide* (AAO) 18
2.4.1 Pengertian AAO 18
2.4.2 Sintetis *AAO Membrane* 19
2.4.3 Proses Pembentukan Pori 21
2.4.4 Aplikasi *Anodic Aluminium Oxide* 22
2.5 Penelitian Sebelumnya 29
3 BAB III METODOLOGI PENELITIAN **31**
3.1 Bahan Penelitian 31
3.2 Alat Penelitian 31

3.3 Metode Penelitian 32
3.3.1 Diagram Alir Penelitian 33
3.3.2 *Annealing* 34
3.3.3 *Mechanical Grinding* 34
3.3.4 *Electrolytic Polishing* 34
3.3.5 Anodisasi Pertama 35
3.3.6 *Film Removal* 36
3.3.7 Anodisasi Kedua 36
3.3.8 *Aluminium Substrate Removal* 37
3.3.9 *Pore Widening* 37
3.4 Pengujian 37
3.4.1 *Scanning Electron Microscope* (SEM) 37
3.5 Rancangan Penelitian 38
4 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 41
4.1 Hasil Proses Anodisasi 41
4.2 Hasil Pengujian SEM 44
5 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 51
5.1 Kesimpulan 51
5.2 Saran 51
DAFTAR PUSTAKA 53
Ucapan terima kasih 59
BIODATA PENULIS 61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema elektrolisis sederhana proses *anodic oxidation* (Sidharta 2014)..... 14
Gambar 2. 2 Sistem Anodisasi untuk sintesis membran AAO (Gujela 2016) 15
Gambar 2. 3 (a) Sampel Setelah anodisasi pertama, **(b)** setelah film removal dan **(c)** setelah anodisasi kedua. 16
Gambar 2. 4 Gambar Skematis Membran AAO (Gujela 2016) 19
Gambar 2. 5 (a) Membran AAO pada 99,99% Al murni dengan *mild anodization.* **(b)** Membran AAO 99+% Al murni dengan *mild anodization (24 Hours anodization).* **(c)** Membran AAO dari 99,99% Al murni dengan *hard anodization.* (Gujela 2016)..... 20
Gambar 2. 6 Diagram skematik yang menunjukkan reaksi antarmuka dasar untuk (a) tipe penghalang dan (b) oksida anodik tipe berpori 22
Gambar 2. 7 Perbandingan ukuran pori dari membran AAO. (a) Sisi atas. (b) sisi bawah. Lingkaran mewakili nanopartikel bulat dengan diameter 150 nm (Nguyen, et al. 2016)..... 23
Gambar 2.8 Prinsip kerja untuk filter ion AAO. Ketika lapisan HfO_2 diinduksi muatan positif parsial yang cukup pada permukaan, EDL negatif akan tumpang tindih dan memperlambat kation dan anion, secara spontan. Dengan mengontrol kepadatan muatan yang diinduksi, ketebalan EDL dapat dikontrol lebih lanjut untuk memanipulasi saluran nano. 26

Gambar 2.9 (a) Sistem elektrokimia untuk pengujian dioda ionik (b) Sistem pengujian desalinasi dan membran yang dikendalikan EDL dengan struktur saluran nano di dalamnya (Lin, et al. 2012) 27
Gambar 2.10 Proses pembuatan membran desalinasi yang menggabungkan sputtering 50nm Al pada membran AAO dengan ukuran pori 200nm dan kemudian diikuti oleh pelapisan HfO2 10nm dengan teknologi EDL (Lin, et al. 2012) 28
Gambar 3. 1 Diagram Alir Proses *Anodizing* Aluminium 33
Gambar 3. 2 Muffle Furnace..... 34
Gambar 3. 3 Proses *Electrolytic Polishing* 35
Gambar 3. 4 Proses Anodisasi Pertama..... 35
Gambar 3. 5 Proses *Film AAO Removal*..... 36
Gambar 3. 6 Proses *Substrate Removal*..... 37
Gambar 3. 7 SEM Inspect S50..... 38
Gambar 4. 1 *electrolytic polishing* dengan menggunakan larutan $HClO_4$ + Etilen Glikol Butyl Eter + Ethanol (C_2H_5OH) 42V pada temperatur 15^0C selama 10 Menit..... 41
Gambar 4. 2 Hasil anodisasi tahap pertama dengan larutan asam oksalat 3% + aquadest 40V pada temperatur 10^0C selama 1 jam.\..... 42
Gambar 4. 3 hasil anodisasi kedua dengan variasi potensial (a) 40V, (b) 50V dan (c) 60V 42
Gambar 4. 4 Hasil Removal Substrate Aluminium. (a) Spesimen 40V, (b) Spesimen 50V dan (c) Spesimen 60V..... 43
Gambar 4. 5 Hasil uji SEM (a) 40V, (b) 50V dan (c) 60V dengan 10000x perbesaran. 44
Gambar 4. 6 Diagram Persebaran dan Ukuran Pori AAO pada potensial 40V,50V dan 60V. 46

Gambar 4. 7 Struktur permukaan sampel pada (a) 40V, (b) 50V dan (c) 60V hasil SEM 1000x perbesaran..... 48

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Aluminium (Rochman R 2010) 7
Tabel 2.2 Komposisi Al 6061 (Pungky Eka Setyawan 2014) 10
Tabel 2.3 Data Kualitas Permukaan Logam Aluminium Hasil *Anodizing* Berdasarkan Data SNI No. 07-0734-1989 18
Tabel 3.1 Rancangan Penelitian..... 38
Tabel 4.1 Persebaran Pori pada sampel membran..... 45

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Organisasi untuk Kerjasama Ekonomi dan Pembangunan (OECD) telah melaporkan 0,35 miliar orang saat ini menderita kekurangan air. Dan Survei Geologi AS telah menemukan bahwa 96,5% air berada di laut dan samudera dan 1,7% berada di lapisan es, 1% di air payau, dan hanya 0,8% air tawar. Jadi mengubah air laut menjadi air tawar adalah penting untuk menyelesaikan masalah kekurangan air di seluruh dunia. Ada sekitar 26 negara yang tidak memiliki air murni yang cukup untuk irigasi pertanian dan pembangunan ekonomi. Dan sekitar satu miliar orang tidak memiliki air yang aman untuk diminum. Metode desalinasi tradisional menghabiskan banyak daya, seperti RO dan ED (Lin, et al., 2012)

Nanoteknologi saat ini dapat didefinisikan sebagai ilmu interdisiplin yang meliputi berbagai bidang, seperti kimia, fisika, biologi, ilmu material, dan teknik. Menariknya, nanoteknologi dapat membentuk sendiri atom-atomnya menjadi unsur dengan kapabilitas sifat yang sangat terkontrol (Gujela, 2016). Salah satu contohnya adalah pembentukan *Anodic Aluminium Oxide* (AAO). AAO merupakan film yang dapat dihasilkan dari logam aluminium dengan cara anodisasi. Masing-masing logam juga harus memenuhi kondisi yang memungkinkan pembentukan oksida tipis, padat, berpori dan homogen di setiap permukaannya (Tsyntsaru, 2016).

Disamping kegunaannya yang baik di bidang nanomaterial, AAO juga dapat dijadikan membran untuk *water filtering* dan *desalination*. Spesifikasi AAO yang didapatkan memiliki ukuran pori 50-200nm dan memiliki jumlah yang cukup serta penyebaran yang homogen untuk digunakan sebagai templat penyaring portabel aliran air sehingga menjadi membran kuat dan dapat menyaring air laut yang memiliki ion bermuatan dengan ukuran

pori nano yang berbeda dengan tambahan ALD (Atom-layered Disposition).

Teknik seperti *electron-beam lithography* juga digunakan untuk mendapatkan struktur nano yang teratur pada permukaan, akan tetapi untuk produksi dalam jumlah besar akan sangat memakan waktu dan biaya yang sangat tinggi serta harus menuntut keahlian yang tinggi (Flemming, 1999). AAO menjadi pilihan yang paling tepat karena memiliki potensi sebagai perancah atau *template* dalam rekayasa membran (Karlsson, 2004). AAO memiliki struktur pori yang teratur yang didapat dari proses anodisasi dalam elektrolit asam (Saito, 2005).

Dalam keadaan terkontrol, pertumbuhan oksida terorganisir sendiri dan menghasilkan *array hexagonal* padat dengan ukuran hampir homogen sempurna (A. Jagminiene, 2005). Hal ini dapat dikontrol dengan mengubah parameter makro seperti waktu, potensial saat dilakukannya *two-step anodization* serta elektrolit yang digunakan. Potensial yang diberikan saat anodisasi kedua pada *two-step anodization* mempengaruhi kualitas hasil anodisasi yang ditentukan dari kerapatan, lebar serta pori yang terbentuk. Tsyntsaru dalam jurnal "*Porous Anodized Aluminium Oxide: Application Outlooks*" menjelaskan variasi tegangan anodisasi dengan waktu holding yang konstan akan mempengaruhi struktur morfologi permukaan pori dari aluminium oksida anodik (Tsyntsaru, 2016). Disamping membran AAO yang multiguna dengan perbedaan ukuran pori dan morfologi permukaan akan mempengaruhi kegunaannya di berbagai bidang, biaya pembuatannya juga cenderung murah sehingga dapat diproduksi secara konsisten untuk membantu desalinasi, templat nanosel, *water filtering* dan *nanotube*.

Untuk mendapatkan ukuran pori yang homogen serta morfologi permukaan yang teratur, maka pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi beda potensial terhadap ukuran pori serta struktur permukaan *anodic aluminium oxide* yang dihasilkan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang di atas, dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi beda potensial pada anodisasi kedua terhadap ukuran pori aluminium oksida anodik?
2. Bagaimana pengaruh variasi beda potensial pada anodisasi kedua terhadap struktur permukaan aluminium oksida anodik?

1.3 Batasan Masalah

Agar didapatkan hasil yang baik dan sesuai dengan yang diinginkan serta tidak menyimpang dari permasalahan yang ditinjau, maka batasan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Temperatur saat proses dianggap konstan
2. pH larutan tidak berubah
3. kecepatan agitasi dianggap konstan
4. Kadar oksigen dalam larutan tidak berubah
5. Konsentrasi larutan yang digunakan untuk setiap anodisasi sama.

1.4 Tujuan Penelitian

Dengan adanya rumusan masalah yang telah tertulis di atas, terdapat tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh variasi beda potensial pada anodisasi kedua terhadap ukuran pori aluminium oksida anodik.
2. Menganalisis pengaruh variasi beda potensial pada anodisasi kedua terhadap struktur permukaan aluminium oksida anodik.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan AAO *membrane* dengan diberikannya perlakuan variasi beda potensial untuk mendapatkan hasil yang diinginkan sesuai dengan aplikasinya seperti *water filtering* dan *desalination* dengan cara yang lebih

efisian serta dapat digunakan sebagai rujukan terhadap penelitian-penelitian selanjutnya dalam perkembangan riset nanoteknologi.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Aluminium

Aluminium merupakan logam ringan yang peranannya penting dalam kehidupan manusia. Aluminium paling banyak digunakan setelah baja, ditemukan pada tahun 1827 oleh kimiawan Jerman Friedrich Wohler. Aluminium ditemukan di alam dalam bentuk senyawa oksida, umumnya dalam bentuk oksida aluminat atau silikat, karena aluminium merupakan unsur yang sangat reaktif sehingga mudah teroksidasi. Proses produksi aluminium yang paling sering digunakan saat ini ditemukan oleh Charless Hall di Amerika Serikat dan Paul Heroult di Prancis pada tahun 1886. Proses yang dilakukan yaitu elektrolisis alumina (Al_2O_3) di dalam lelehan Kriolit (Na_3AlF_6) pada temperatur 980^0C sehingga didapat aluminium cair. (Christoph Schmitz, 2006)

Aluminium merupakan logam yang paling banyak terdapat di kerak bumi, unsur ketiga terbanyak setelah oksigen dan silicon. Di kerak bumi, terdapat sekitar 8,07% hingga 8,23% dari seluruh massa padat dari kerak bumi, dimana produksi tahunan dunia sekitar 30 juta ton per tahun tentunya dalam bentuk bauksit dan mineral bebatuan lain (gibbsite, boehmite, diaspore, corundum, dan lain-lain). (Polmear, 1995)

Di Indonesia, industri peleburan aluminium dimulai tahun 1976. PT Indonesia Asahan Aluminium (INALUM), memiliki saham pemerintahan Jepang dan Indonesia dan mampu menghasilkan rata-rata 225.000 ton aluminium per tahun. Selama 50 tahun terakhir, aluminium telah menjadi logam yang luas penggunaannya setelah baja. Hal ini didasarkan pada sifatnya yang tahan korosi, ringan, cukup ekonomis dan mudah diproduksi dan yang paling terkenal adalah penggunaannya sebagai bahan pembuatan body pesawat terbang. Aluminium dikatakan tahan korosi karena ada fenomena pasivasi dimana terjadi pembentukan lapisan pelindung akibat adanya reaksi logam terhadap udara sehingga lapisan tersebut melindungi lapisan dalam logam dari

korosi. Disamping memiliki sifat yang baik dan menguntungkan, ada juga sifat yang kurang baik, yaitu pada kekuatannya sehingga tidak cocok untuk bagian mesin yang menanggung beban berat, karena dasarnya aluminium adalah logam ringan dengan berat satu pertiga baja. (Christoph Schmitz, 2006)

Perbaikan sifat mekanik dapat dilakukan dengan perpaduan. Perpaduan aluminium memperbaiki sifat dan meningkatkan kekuatan mekaniknya, karena aluminium paduan memiliki kekuatan tensil berkisar 200-600 MPa, sangat jauh dengan aluminium murni yang berkisar sekitar 90 MPa. (Christoph Schmitz, 2006)

2.1.1 Sifat Aluminium

Secara umum, sifat aluminium yang penting sehingga banyak digunakan sebagai material teknik yaitu sebagai berikut:

1. Berat Jenis Ringan, yaitu 2.7 gr/cm^3, hanya sepertiga dari baja.
2. Tahan terhadap korosi.

   Terjadinya fenomena pasivasi pada aluminium sehingga tahan terhadap korosi. Pasivasi adalah pembentukan lapisan peindung terhadap komponen udara sehingga lapisan tersebut melindungi lapisan dalam logam dari korosi. Lapisan ini membuat Al tahan terhadap korosi, tetapi akan sukar untuk dilas, karena perbedaan titik lebur (melting point meningkat karena adanya lapisan pasif). (Arsyad, 2001)
3. Penghantar panas dan listrik yang baik.
4. Mampu tempa baik.

   Aluminium sangat mudah difabrikasi, dapat dicor dengan cara apapun, dapat deforming dengan cara*: rolling, drawing, forging*, ekstrusi dan lain-lain.
5. Dapat dipadukan untuk meningkatkan kekuatannya

   Dengan paduan dan *heat treatment* yang tepat, kekerasan dan kekuatan aluminium dapat ditingkatkan.

Sifat elastisnya sangat rendah, hampir tidak bisa diperbaiki dengan pemaduan dan *heat treatment*. (Surdia Tata, 1985)

Selain sifat-sifat diatas, aluminium juga memiliki karakteristik spesifik lain, yaitu:

Tabel 2.1 Karakteristik Aluminium (Rochman R, 2010)

Karakteristik Aluminium	
Nomor atom	13
Specific Gravity	2,7 gr/cm^3
Temperatur Leleh	660^{0}C
Koefisien Ekspansi Linier	0,002081/^{0}C
Modulus Elastisitas	2386,67Nmm^2
Modulus Elastisitas Geser	795,56N/mm^2
Poisson Ratio	0.33
Konduktivitas Panas	200W/mK
Konduktivitas Listrik	30m/Ωm
Densitas	2,70 grcm^{-3}
Brinnel Hardness	245 HB

a. Sifat Mekanik Aluminium

Sifat mekanik dari aluminium murni dan paduan dipengaruhi oleh perlakuan dan konsentrasi bahan yang diberikan. Aluminium tekenal sebagai material yang tahan korosi, disebabkan oleh fenomena pasivasi, yaitu proses pembentukan lapisan pasif dari aluminium segera setelah aluminium terpapar oleh udara bebas. Lapisan ini mencegah terjadinya oksidasi lebih jauh. Namun, pasivasi dapat diperlambat jika aluminium dipadukan dengan logam yang bersifat lebih katodik, karena dapat mencegah reaksi oksidasi.

i. *Tensile Strength*

Kekuatan tensil adalah besar tegangan yang didapat saat dilakukan pengujian tensil. Nilai kekuatan ditunjukkan oleh nilai tertinggi dari tegangan pada kurva tegangan-regangan dari hasil pengujian. Pada

Aluminium murni, biasanya kekuatan tensil nya sangat rendah, yaitu sekitar 90 MPa, sehingga biasanya aluminium ini dipadukan dengan logam lain diberikan perlakuan panas untuk meningkatkan kekuatannya. Aluminium paduan akan memiliki kekuatan tensil hingga 580MPa (contohnya paduan Al7075). (Christoph Schmitz, 2006)

ii. Kekerasan

Merupakan gabungan dari berbagai sifat yang terdapat dalam suatu material yang mencegah terjadinya suatu deformasi terhadap material tersebut ketika diberikan suatu gaya. Kekerasan material dipengaruhi oleh kekuatan tensil, *ductility*, elastisitas, plastisitas, viskoelastisitas dan sebagainya.. Kekerasan Aluminium murni sangat kecil, yaitu sekitar 65 skala Brinnel. Untuk aplikasi yang membutuhkan kekerasan, maka aluminium perlu dipadukan dengan logam lain dan/atau diberikan perlakuan panas maupun fisik. (Christoph Schmitz, 2006)

iii. Ductility

Didefinisikan sebagai sifat mekanis dari suatu material dimana material tersebut dapat diubah bentuk nya secara plastis tanpa terjadinya *crack*/retakan. Dalam pengujian tensil, *ductility* ditunjukkan dengan bentuk *necking*-nya, *necking* yang sangat sempit mengartikan material dengan *ductility* yang tinggi, tetapi bahan yang memiliki *ductility* rendah hampir tidak mengalami *necking*. *Ductility* diukur dengan skala yang disebut elongasi, yaitu seberapa besar pertambahan panjang suatu bahan ketika dilakukan uji tensil. (Christoph Schmitz, 2006)

b. Sifat Kimia Aluminium

i. Aluminium dalam bentuk serbuk dipanaskan dalam uap air akan menhasilkan hidrogen dan aluminium oksida. Reaksinya berlangsung lambat karena adanya lapisan aluminium oksida pada logamnya.
ii. Aluminium dalam bentuk serbuk akan terbakar dalam oksigen, sebaliknya lapisan oksida yang kuat pada aluminium cenderung menghambat reaksi.
iii. Aluminium terbakar dalam aliran klor menghasilkan aluminium klorida yang berwarna kuning sangat pucat. Aluminium klorida dapat menyublim ketika diberikan perlakuan panas.
iv. Aluminium disimbolkan dengan Al, nomor atom 13 di table periodik, bahan baku aluminium, misalnya bauksit memiliki kandungan aluminium dalam jumlah bervariasi, umumnya diatas 40% Isotop aluminium yang terdapat di alam adalah isotop ^{27}Al dengan persentase sebesar 99,9%. Terdapat isotop ^{26}Al dalam jumlah yang sangat kecil juga. Berat atom relatif aluminium yang ditemukan saat ini antara 23 hingga 30 dengan isotop ^{27}Al yang paling stabil. (Svehla, 1990)

2.2 *6061 Aluminium Alloy*

Paduan aluminium 6061 merupakan salah satu jenis aluminium yang paling banyak digunakan di bidang industri, misalnya dalam pembuatan *part* kendaraan bermotor dalam industri otomotif (Demir, 2009). Secara umum, komposisi paduan

utama aluminium seri 6061 yaitu magnesium (Mg) dan silika (Si) (Randhiko, 2018). Sejak Al 6061 menjadi semakin luas aplikasinya dengan keunggulan yang dimiliki seperti mampu bentuk yang baik, ketahanan korosi baik, harga murah, mampu las yang cukup baik, Aluminium paduan ini menjadi alternatif material dasar untuk *body* pesawat terbang (E. Tan, 2007).

Disamping memiliki keunggulan, material ini juga memiliki kelemahan, dimana dibandingkan dengan Al seri 2xxx dan 7xxx, Al 6061 memiliki kekuatan yang jauh lebih rendah sehingga banyak dilakukan perlakuan untuk meningkatkan sifat mekanik dari Al 6061 ini. (Alhamidi, 2016)

2.2.1 Komposisi Al 6061

Tabel 2.2 Komposisi Al 6061 (Pungky Eka Setyawan, 2014)

Unsur	Nilai (%)	Unsur	Nilai (%)
Si	0,6020	Pb	0,0014
Fe	0,1820	P	0,00058
Cu	0,2500	Sn	0,00066
Mn	0,0086	Sb	< 0,0004
Mg	0,8830	Sr	0,00018
Cr	0,1110	Be	0,00006
Zn	0,0109	Zr	0,0015
Ti	0,0192	Bi	< 0,0003
Na	0,0021	Cd	0,0010
Ca	0,0005	Al	97,900
Ni	0,0044		

2.2.2 Karakteristik Al 6061

Paduan Aluminium 6061 secara umum tersusun atas Al, Mg, Cr, Cu, Si dan sangat sering menjadi objek riset dikarenakan keringanan, mudah difabrikasi dan harga yang murah (Schwartz, 1992). Paduan Al 6061 memiliki ketahanan korosi yang sangat baik, dikarenakan efek pasivasi yaitu dimana terbentuknya lapisan pasif tipis pada permukaan aluminium yang melindungi logam bagian dalamnya.

Aluminium 6061 memiliki kekuatan tarik 12,6 kgf/mm, melting point 660^0C, density(berat jenis) 2,70 gr/cm^3, koefisien termal $13{,}1.10^{-6}$ in/in/^{0}F dan konduktivitas termal pada 25^0C sebesar 23 w/cm/^{0}C (Schwartz, 1992)

2.3 Anodisasi

Kebutuhan pasar dunia terhadap logam aluminium tidak hanya sebatas dilihat dari sifat fisis yang dimiliki aluminium, melainkan juga berhubungan dengan segi estetika, misalnya pewarnaan logam tersebut. Teknik pewarnaan yang biasa digunakan yaitu teknik pelapisan logam aluminium dengan menggunakan pewarna (dye) atau dengan *chrome* (Cr) (TCEQ, 2007). Untuk meningkatkan nilai fungsi dan estetika yang dimiliki aluminium sebagai material dasar yang digunakan di rumah tangga maupun industri, teknik yang paling cocok digunakan untuk logam ini adalah teknik anodisasi atau proses *anodizing*. (Presto C., 2003)

2.3.1 Pengertian *Anodizing*

Anodizing merupakan salah satu proses elektrolisis dimana prinsip dasarnya yaitu pembentukan lapisan oksida aluminium secara terkontrol melalui proses aerasi sehingga terbentuk lapisan oksida yang berpori (Presto C., 2003). Teknik *anodizing* ada bermacam-macam, tetapi secara umum dibedakan menjadi dua jenis yaitu, *hard anodizing* dan *mild anodizing*. Keduanya memiliki fungsi yang berbeda. *Mild anodizing* digunakan untuk keperluan estetika dan dekoratif, sedangkan *hard anodizing* lebih bertujuan untuk meningkatkan kekuatan fisik aluminium. Teknik ini banyak dimanfaatkan untuk meningkatkan ketahanan logam aluminium terhadap korosi serta meningkatkan ketahanan fisik dan keausan logam. (Kusuma, 2014)

2.3.2 Proses *Anodizing*

Secara umum, proses *anodizing* dilakukan dengan cara elektrolisis. Dimana logam aluminium yang telah dipreparasi dihubungkan dengan kutub positif power supply dan kutub negatif ke elektroda inert seperti karbon, platina dan lain-lain. Kedua

elektroda dicelupkan ke dalam larutan elektrolit. (Presto C., 2003) menyebutkan bahwa teknik *anodizing* adalah suatu proses penyepuhan logam yang didasarkan atas pembentukan lapisan oksida aluminium melalui oksidasi yang terknontrol sehingga terbentuk pori yang akan diisi/dilapisi oleh lapisan logam lain.

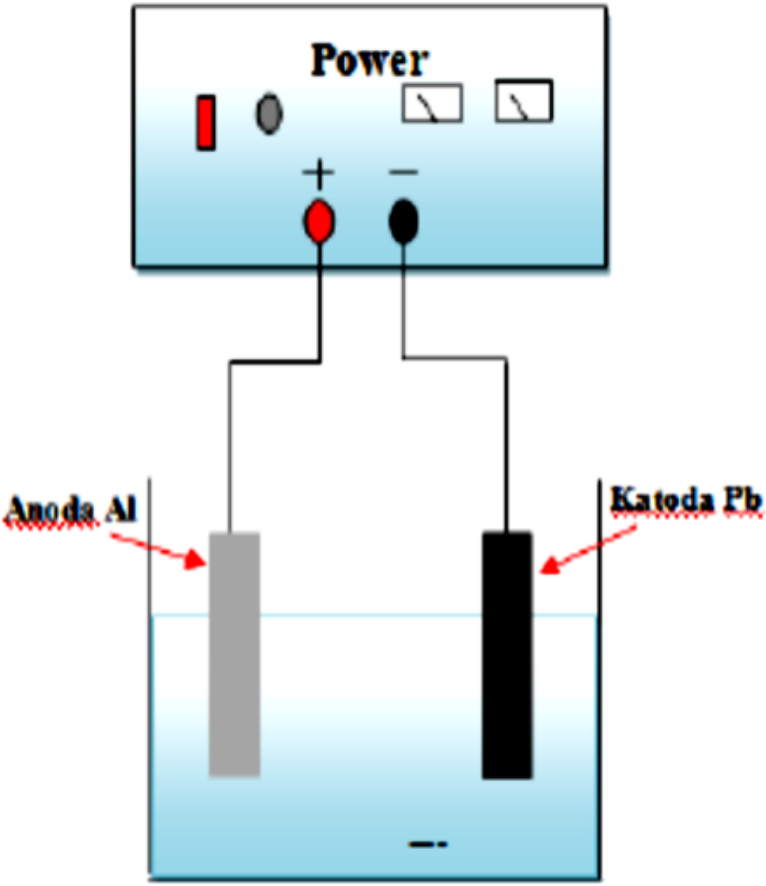
Mahesa (2019) menjelaskan bahwa anodizing diartikan sebagai pelapisan konversi dari substrat aluminium dan paduannya menjadi *porous* aluminium oksida. Sesuai namanya aluminium yang akan dilapisi akan dijadikan sebagai anoda dalam sel elektrolisis, berbeda degan *electroplating* yang menggunakan substrat yang akan dilapisi sebagai katoda. *Anodizing* biasanya berkaitan dengan substrat aluminium tetapi proses *anodizing* ini juga bisa digunakan pada material lain seperti magnesium, titanium, dan zink. Alasan penggunaan metode ini sebagai pelapis substrat adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan ketahanan korosi.
2. Memberikan dekorasi pada penampilan permukaan substrat.
3. Meningkatkan ketahanan abrasi.
4. Meningkatkan adhesi dari cat. (Mahesa, 2019)

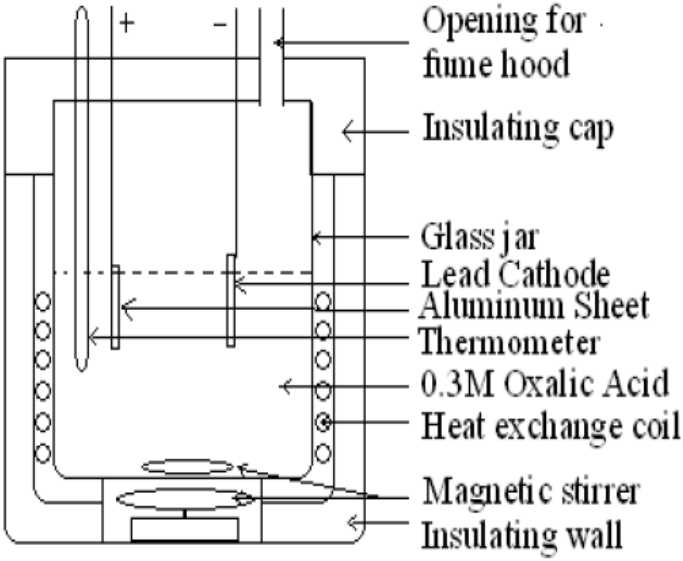
Alfreda (2017) juga menjelaskan bahwa Anodising / rekayasa dengan prinsip elektrokimia merupaka jenis tekntik rekayasa permukaan. Logam ringan, seperti aluminium dan paduannya memiliki kemampuan untuk menahan korosi oleh atmosfir karena lapisan pelindungnya dalam bentuk oksida Al2O3 atau hidroksida Al2O3, lapisan pasif yang segera terbentuk setelah logam terekspos udara. Lapisan oksida setebal 2,5 hingga 10 nm hanya dapat memberikan perlindungan terbatas pada lingkungan agresif. (Alfreda, 2017)

Pada sel elektrolisis, anoda dihubungkan dengan logam aluminium yang akan di-*anodizing* dan di bagian katoda diisi aluminium lain ataupun logam inert. Lalu pada sel ini dialirkan beda potensial yang akan memicu pertumbuhan lapisan oksida pada permukaan logam aluminium (Araoyinbo A.O., 2010). Jumlah oksigen yang ada pada larutan elektrolit akan sangat mempengaruhi pembentukan lapisan logam ini. Aerasi atau

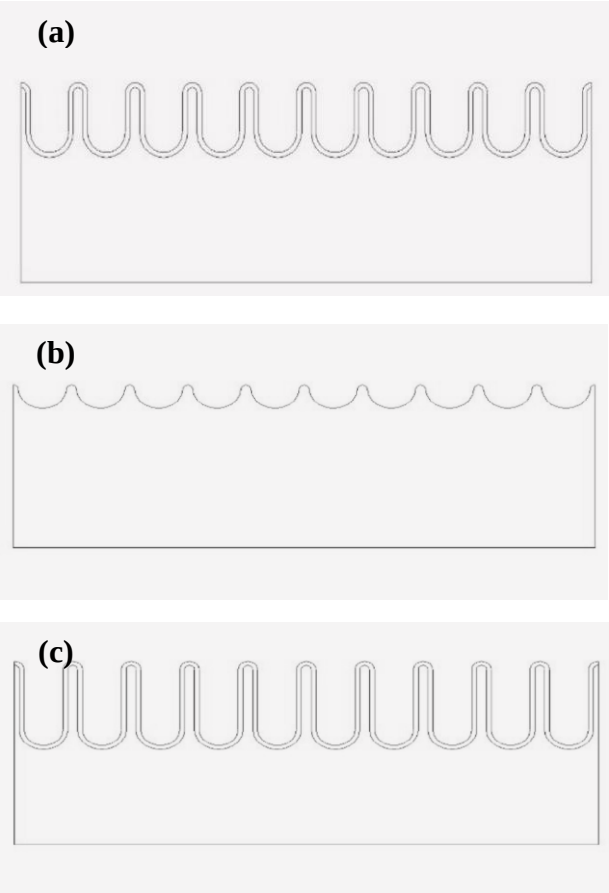
pengaliran udara ditambahkan pada proses ini, sehingga akan menyuplai sejumlah oksigen pada laruan elektrolit agar tidak defisit oksigen. Selain itu, penambahan aliran udara juga berfungsi untuk menciptakan rongga pori pada oksida aluminium yang dibentuk. Terbentuknya pori pada oksida menandakan proses *anodizing* berhasil dilakukan. (Kusuma, 2014)



Gambar 2. 1 Skema elektrolisis sederhana proses *anodic oxidation* (Sidharta, 2014)



Gambar 2. 2 Sistem Anodisasi untuk sintesis membran AAO (Gujela, 2016)



Gambar 2. 3 (a) Sampel Setelah anodisasi pertama, **(b)** setelah film removal dan **(c)** setelah anodisasi kedua.

2.3.3 Faktor yang Mempengaruhi *Anodizing*

Beberapa faktor penting yang mempengaruhi proses anodisasi yaitu:

1. Temperatur

   Berperan untuk seleksi kecocokan jalannya reaksi dan juga untuk melindungi proses pelapisan. Karena semakin tinggi temperatur, aktivitas atom dalam larutan akan semakin cepat sehingga reaksi menjadi tidak konstan atau mengalami fluktuasi. Temperatur yang digunakan pada saat anodisasi adalah sekitar 5-25^{0}C
2. Rapat Arus

   Rapat arus merupakan arus yang digunakan saat proses pelapisan per satuan luas dari sampel, dimana nilai dari kerapatan arus mempengaruhi waktu anodisasi untuk mencapai ketebalan yang sesuai.
3. Nilai pH (Derajat Keasaman)

   pH merupakan salah satu factor yang penting dalam mengontrol larutan elektrolit.
4. Waktu Proses *Anodizing*

   Waktu proses anodizing sangat mempengaruhi ketebalan lapisan *anodizing*, Ketebalan akan semakin meningkat jika proses *anodizing* semakin lama.

Ketebalan lapisan dapat dicari dengan cara mengukur ketebalan pelapisan pada sampel yang telah diambil gambarnya, dan dibandingkan dengan ketebalan yang telah diketahui dengan perbesaran yang sama yang digunakan saat pengamatan dan pengambilan gambar sampel. Dalam kasus ini, mikroskop hanya dipakai untuk mengamati ketebalan pelapisan.

$$Z = \frac{Tf}{Ts} \quad (1)$$

$$T = \frac{Tfs}{Z} \quad (2)$$

Dengan : T = Tebal lapisan yang dicari (mm)
Tf = Tebal pembanding pada foto (mm)
Ts = Tebal pembanding yang diketahui(mm)

Tfs = Tebal lapisan yang diukur pada foto (mm)
Z = Perbesaran yang digunakan pada mikroskop.
(Santhiarsa, 2010)

Kualitas hasil *anodizing* ditentukan oleh ketebalan pori yang terbentuk serta jarak antar pori. Berdasarkan data standar SNI No. 07-0734-1989 mengenai kualitas lapisan anodisasi aluminium, ketebalan pori yang terbaik berada pada kisaran ±18 µm untuk keperluan dekoratif, dan diatas 20 µm untuk peningkatan kekuatan fisik.

Data kualitas logam aluminium disajikan pada tabel berikut:

Tabel 2.3 Data Kualitas Permukaan Logam Aluminium Hasil *Anodizing* Berdasarkan Data SNI No. 07-0734-1989

Kelas	Ketebalan Rata-rata Minimun (µ)
1	18
2	10
3	5
Khusus	≥ 20

2.4 *Anodic Aluminium Oxide* (AAO)

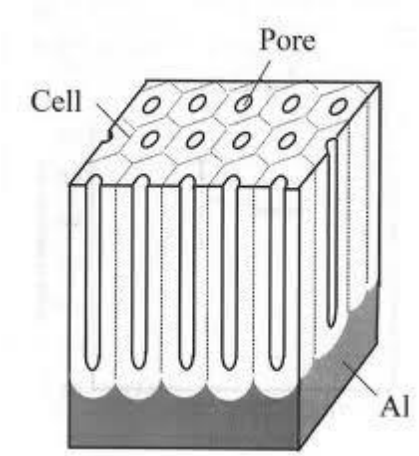
2.4.1 Pengertian AAO

Keller et.al (1953) mendeteksi fenomena dimana aluminium, ketika di anodisasi akan membentuk susunan pori-pori silindris yang teratur (F. Keller, 1953). Pada tahun 1995, *anodic aluminium oxide* atau yang biasa disingkat AAO dijelaskan oleh Masuda dan Fukuda dengan susunan heksagonal yang dapat diatur sendiri. Dan kemudian, template AAO banyak digunakan untuk menghasilkan membran nano dari berbagai logam (Masuda H., 1995). Ukuran dan jarak antar pori dalam AAO dapat disesuaikan antara 2 nanometer sampai satu *micron* tergantung pada kondisi dan perlakuan yang diberikan pada saat anodisasi. Karena rentang

ukuran pori yang cukup, membran AAO dapat digunakan sebagai template dalam berbagai aplikasi nanoteknologi seperti *nano template, nano fiber, nano tube* dan lain sebagainya.

2.4.2 Sintetis *AAO Membrane*

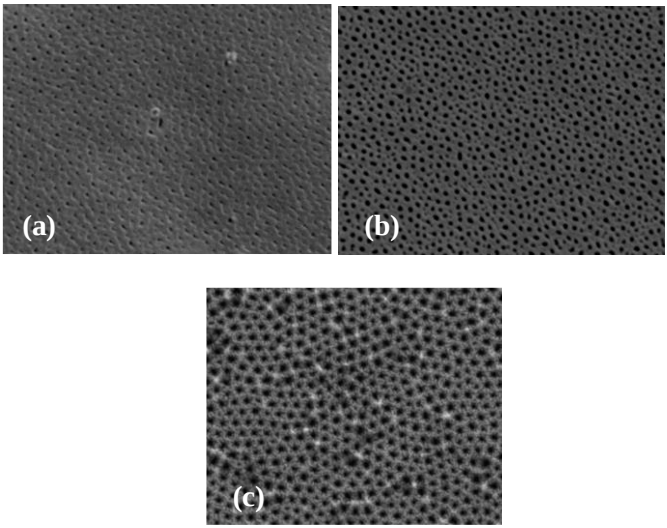
Proses untuk mendapatkan AAO secara konvensional sangatlah tidak teratur, pada tahun 1997, Masuda et al. mengembangkan cara dimana ia membagi proses anodisasinya dalam dua tahapan, yaitu anodisasi pertama dan anodisasi kedua. Hasil yang didapatkan sangat baik, dimana pori-pori yang didapatkan sangat teratur dalam bentuk *hexagonal* (Hideki Masuda, 1997)



Gambar 2. 4 Gambar Skematis Membran AAO (Gujela, 2016)

Pembentukan lapisan pasif aluminium yang berpori dapat disesuaikan tergantung dari beberapa faktor, misalnya kerapatan arus atau tegangan yang digunakan untuk anodisasi, temperatur, pH, dan komposisi elektrolit. Parameter ini dapat menjadi acuan sejauh mana interaksi kimia antara alumina anodik dan elektrolit selama proses *anodizing*. Topografi dari membran AAO serta laju pembentukan lapisan oksida tergantung pada kondisi anodisasi

yang dilakukan, mencakup jenis elektrolit, konsentrasi, temperatur, dan tegangan yang diberikan. (Tsyntsaru, 2016)



Gambar 2. 5 (a) Membran AAO pada 99,99% Al murni dengan *mild anodization.* **(b)** Membran AAO 99+% Al murni dengan *mild anodization (24 Hours anodization).* **(c)** Membran AAO dari 99,99% Al murni dengan *hard anodization.* (Gujela, 2016)

Sampai saat ini, kebanyakan teori yang menjelaskan penyesuaian pembentukan dari pori-pori dalam AAO didasarkan pada tekanan mekanik yang terkait dengan luas permukaan aluminium selama pembentukan oksida.

Proses kimia berikut mendominasi anodisasi membran alumina:

a. Ion Al_3^+ terbentuk pada permukaan logam dan terdistribusi secara menyeluruh

$$Al \rightarrow Al_3^{+} + 3e^{-} \quad \text{.....(1)}$$

b. Elektrolisis H_2O terjadi pada dasar pori dekat permukaan oksida

$$2H_2O \rightarrow 2O_2^{-} + 4H^{+} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

c. Ion O_2^{-} berpindah ke dalam lapisan penghalang dari permukaan oksida ke permukaan logam dan bereaksi dengan ion Al3+ membentuk Al_2O_3.

$$2Al_3 + + 3O_2^{-} \rightarrow Al_2O_3 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(3)$$

d. Terjadi disolusi oksida dimana medan listrik ditingkatkan pada permukaan oksida.

$$Al_2O_3 + 6H^{+} \rightarrow 2Al_3^{+}(aq) + 3H_2O \ldots\ldots\ldots\ldots(4)$$

Dalam proses anodisasi membran AAO, terjadi keseimbangan antara medan listrik yang ditingkatkan disolusi oksida pada permukaan alumina. Hal ini menyebabkan terbentuknya membran AAO, karena ketebalan lapisan konstan dalam seluruh proses anodisasi sehingga penyebaran pori *steady-state* terhadap Aluminium. (Tsyntsaru, 2016)

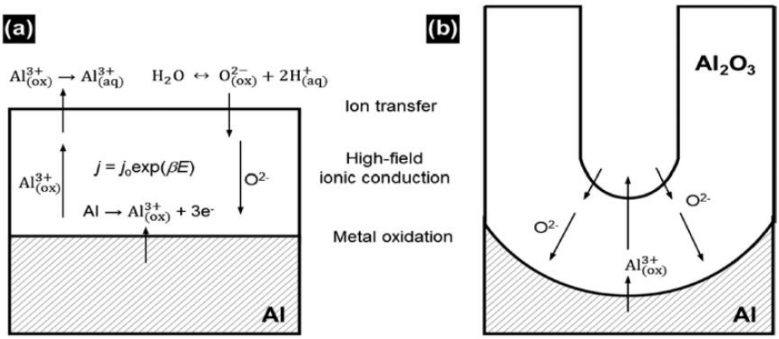
2.4.3 Proses Pembentukan Pori

Wood et al. dari University of Manchester mengemukakan model disolusi dibantu medan listrik yang lebih populer dikombinasikan dengan berbagai metode penelitian. Model ini menunjukkan bahwa proses oksidasi anodik aluminium mencakup tiga tahap utama: pembentukan lapisan penghalang, pembubaran lapisan penghalang dan pertumbuhan stabil lapisan berpori.

Ketika tegangan diterapkan pada kedua ujung elektroda, resistansi rangkaian sangat rendah sementara arus tinggi, lapisan film alumina amorf padat padat dibentuk pada film aluminium anoda, yang dikenal sebagai lapisan penghalang. Karena alumina yang baru saja dihasilkan dari larutan mudah dilarutkan dalam larutan asam, beberapa alumina terlarut secara kimia. Ketika lapisan penghalang mencapai nilai kritis tertentu, elektrolit mulai melarutkan inti pori awal pada titik di mana permukaan lapisan penghalang diatur secara teratur. Pembentukan inti akan menyebabkan distribusi seragam asli dari medan listrik

terkonsentrasi di bagian bawah lubang, sehingga bagian bawah lubang di bagian bawah laju disolusi sangat meningkat.

Pada saat yang sama, ketika medan listrik lokal di bagian bawah lubang meningkat, arus meningkat, mengakibatkan *overheating* lokal, dan mempercepat proses disolusi. Sementara solusinya sedang terjadi, lapisan penghalang dan antarmuka film Al mulai membentuk lapisan penghalang baru. Pada saat itu, di bawah aksi medan listrik, Al_3 bermigrasi keluar, dan O_2- atau OH^- bermigrasi ke dalam, sehingga membentuk lapisan penghalang, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6. Akhirnya, laju disolusi dan laju pertumbuhan lapisan penghalang akan mencapai keseimbangan dinamis dan memasuki tahap pertumbuhan yang stabil dari lapisan berpori. (Wood, 2014)



Gambar 2. 6 Diagram skematik yang menunjukkan reaksi antarmuka dasar untuk (a) tipe penghalang dan (b) oksida anodik tipe berpori

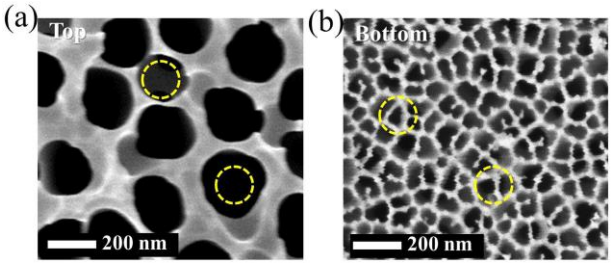
2.4.4 Aplikasi *Anodic Aluminium Oxide*

Lapisan film AAO juga digunakan sebagai templat di banyak aplikasi yang terkait dengan nano-teknologi. Alasannya yaitu diameter pori-pori yang periodik, silindris, dan sangat terkontrol untuk keseluruhan permukaan film (Vidhatri Gujela, 2016). Untuk aplikasi nya, sudah sangat populer karena pori yang teratur, misalnya sensor, hemodialisis, pemisahan protein, *high density memory*, sintesis struktur fungsional ukuran nano,

nanotube, *nanotemplate*, dan bahkan masker untuk industri semikonduktor (Gujela, 2016).

Aplikasi spesifik pada penelitian ini akan difokuskan ke dalam bidang *water filtering* dan desalinasi.

Water Filtering merupakan salah satu aplikasi dari AAO yang secara komersial digunakan di dalam industri besar. Membran berpori digunakan sebagai salah satu pengganti *sand filtering* yang masih konvensional. Menurut Nguyen Thi Phuong (2016) pada jurnal "*Nano sand filter with functionalized nanoparticles embedded in anodic aluminum oxide templates*" menjelaskan bahwa membran komersial Anodic Aluminium Oxide (AAO) sebagai template yang berfungsi harus memiliki diameter pori minimal 100nm. Memiliki pori asimetris dimana pori-pori satu sisi lebih besar dari sisi lainnya. Setelah itu disisipkan partikel nano berukuran 150 nm ke dalam pori-pori yang lebih besar tetapi mereka akan terperangkap dan tertanam di dalam pori-pori. Oleh karena itu, larutan partikel nano harus diinjeksikan terlebih dahulu.



Gambar 2. 7 Perbandingan ukuran pori dari membran AAO. (a) Sisi atas. (b) sisi bawah. Lingkaran mewakili nanopartikel bulat dengan diameter 150 nm (Nguyen, et al., 2016)

Untuk memastikan injeksi partikel nano seluruhnya masuk ke dalam pori, partikel diharuskan untuk tetap berada pada penampang sebanyak mungkin ketika *template* dipotong. Semua pori harus diisi oleh partikel nano agar fungsi sebagai filtrasi dapat berlangsung dengan baik, jika ada pori dari membran yang kosong,

akan menyebabkan cacat serius pada saat digunakan. (Nguyen, et al., 2016)

Untuk penyaringan, jika hanya didasari oleh ukuran pori dan adanya partikel nano, akan menyebabkan adanya hambatan aliran tinggi. Prinsip lain seperti pemilihan muatan listrik dapat memberikan kinerja filtrasi yang sebanding dengan hambatan aliran yang lebih sedikit. Nguyen dkk (2016) menjelaskan bahwa partikel dari peptida arginin (R) dan fenilalanin (F) diketahui bermuatan listrik, menjadi partikel pasir nano yang tertanam dalam template berpori sehingga rongga diantara nanopartikel dapat dianggap sebagai pori-pori efektif dalam dimensi skala kecil.

Nanopartikel dengan ukuran berbeda telah tertanam untuk mengurangi ukuran rongga. Dan permukaan partikel nano telah difungsikan untuk memiliki kelompok peptida arginin / fenilalanin (RF), yang memiliki muatan listrik, untuk meningkatkan kinerja filtrasi untuk partikel atau molekul bermuatan (Nguyen, et al., 2016)

Desalinasi juga merupakan salah satu aplikasi dari AAO yang dapat digunakan dalam industri skala besar maupun skala kecil seperti kebutuhan rumahan. Desalinasi adalah suatu proses menghilangkan kadar garam berlebih dalam air untuk mendapatkan air yang dapat dikonsumsi. Secara konvensional, desalinasi sudah sering dilakukan, tetapi membutuhkan biaya yang cukup besar sehingga kurang efisien seperti RO *(reverse osmosis*) dan ED (elektrodialisis) (lin, et al., 2012).

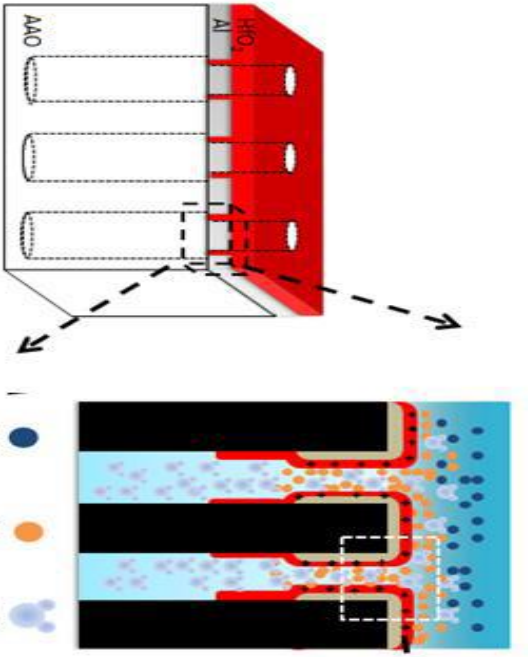
Lin et al. (2012) dalam jurnal "*Nano Desalinator by Electrostatic Ion Sieving for Low-Power Water Purification"* menjelaskan bahwa Proses RO membutuhkan tekanan besar untuk air umpan, memaksa air melalui membran yang membatasi ion garam. Proses ED menggunakan arus listrik untuk menarik ion melalui membran permeable-selektif. Metode desalinasi tradisional menghabiskan banyak daya sehingga mengurangi efisiensi dalam proses desalinasi air laut.

Cara baru yang lebih efisien yaitu menggunakan AAO sebagai penyaring dengan memanipulasi ketebalan *electro-double layer*

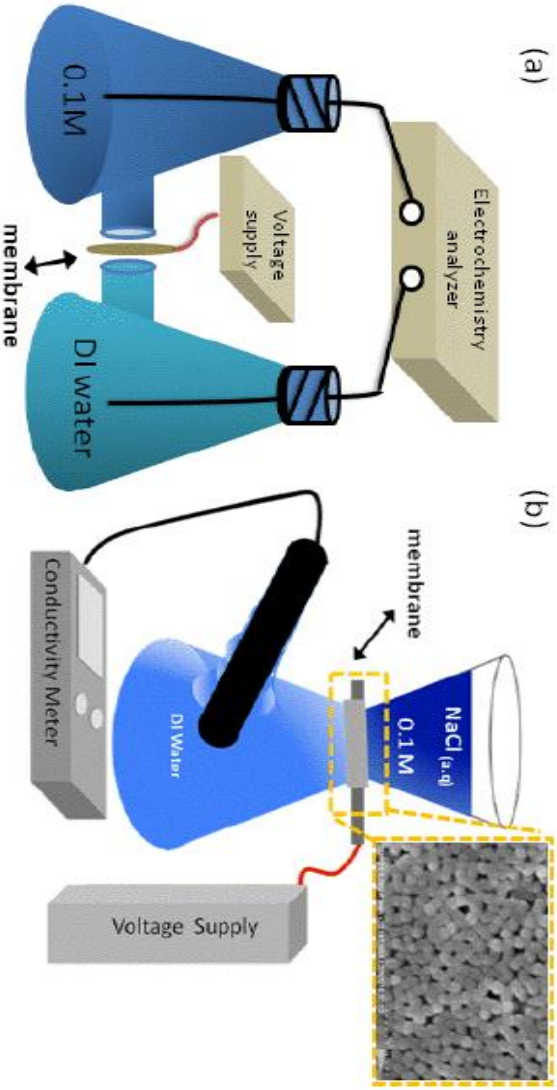
(EDL) dalam nano-channel AAO sebagai filter virtual untuk memilih uni-ion untuk desalinasi melalui muatan listrik statis. Prinsip kerja pada *nano-channel* AAO dengan EDL dapat dilihat pada Gambar 2.7.

Prinsip pengujian dan pemompaan air laut pada proses desalinasi dapat dilihat pada Gambar 2.8

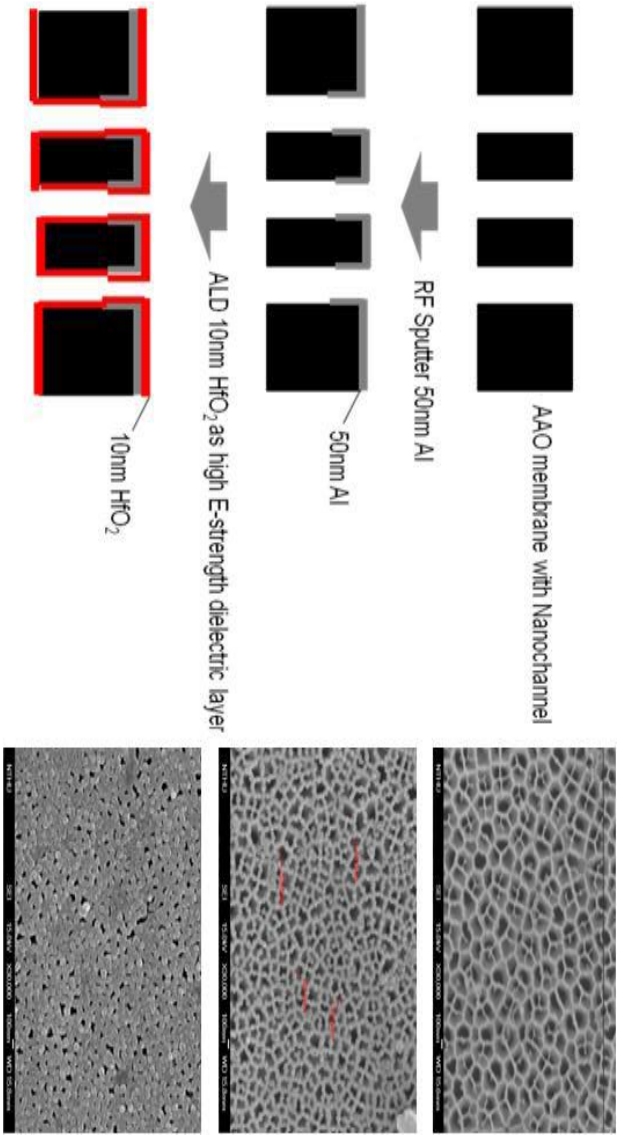
Agar proses desalinasi mendapatkan hasil yang baik, membran AAO yang sudah dihasilkan akan dilapisi oleh teknologi EDL (electro-double layer) seperti yang dijelaskan sebelumnya yaitu melapisi membran AAO dengan pori berukuran 200 nm dengan menggabungkan sputtering 50nm Alumina pada layer pertama dan kemudian diikuti oleh pelapisan 10nm HfO_2 pada layer kedua. (Lin, et al., 2012)



Gambar 2.8 Prinsip kerja untuk filter ion AAO. Ketika lapisan HfO_2 diinduksi muatan positif parsial yang cukup pada permukaan, EDL negatif akan tumpang tindih dan memperlambat kation dan anion, secara spontan. Dengan mengontrol kepadatan muatan yang diinduksi, ketebalan EDL dapat dikontrol lebih lanjut untuk memanipulasi saluran nano.



Gambar 2.9 (a) Sistem elektrokimia untuk pengujian dioda ionik (b) Sistem pengujian desalinasi dan membran yang dikendalikan EDL dengan struktur saluran nano di dalamnya (Lin, et al., 2012)



Gambar 2.10 Proses pembuatan membran desalinasi yang menggabungkan sputtering 50nm Al pada membran AAO dengan ukuran pori 200nm dan kemudian diikuti oleh pelapisan HfO2 10nm dengan teknologi EDL (Lin, et al., 2012)

2.5 Penelitian Sebelumnya

Chien Wan Hun, pada jurnal "*A New Technique for Batch Production of Tubular Anodic Aluminum Oxide Films for Filtering Applications*" di tahun 2018 juga menggunakan bahan dasar aluminium paduan 6061 sebagai anoda untuk proses aluminium oksida anodik. Proses nya dimulai dengan *self-treatment preparation* terhadap *aluminium tube*, lau dilakukan proses anneal untuk menghilangkan tegangan sisa pada saat dilakukan preparasi specimen. Setelah itu, dilakukan proses electrolyte polishing yang bertujuan untuk menjaga permukaan tetap baik tanpa adanya kerusakan. Larutan yang digunakan yaitu campuran larutan asam perklorat, dengan etilen glikol butil eter dan etanol dengan perbandingan 15:15:70. Setelah itu, dilakukan proses anodisasi, dengan dua tahap anodisasi. Anodisasi pertama dilakukan dengan menggunakan asam oksalat 0,3M dengan potensial 40V selama 1 jam pada temperature 10^0C. lalu dilakukan *film removal* yang bertujuan untuk menghilangkan lapisan oksida aluminium dari anodisasi pertama. Lalu dilakukan anodisasi kedua dengan larutan yang sama, tetapi dengan durasi yang lebih lama, yaitu 5 jam. Hasil riset menunjukkan AAO *membrane* dengan ketebalan 100µm dengan diameter lubang sebesar 10nm. (Hun., 2018)

Tsyntsaru juga pada jurnal "*Porous anodized aluminium oxide: application outlooks*" pada tahun 2016 menggunakan bahan dasar aluminium tapi berbentuk sheet untuk mensintesis AAO film. Secara umum, untuk menghasilkan *AAO membrane* dari material aluminium hampir sama, tetapi dengan perlakuan yang berbeda, tahapan yang dilakukan pada riset ini dimulai dengan *surface preparation*, diikuti *electrolytic polishing*, lalu dilakukan *two-step anodization*, lalu untuk mendapatkan hasil pori yang maksimal, dilakukan *pore widening*. Setelah itu dilakukan pengujian karakterisasi dari film oksida aluminium. Riset ini menggunakan dua jenis *anodizing*, yaitu *mild anodization* dan *hard anodization*, hard anodization mengambil keuntungan dengan menggunakan potensial tinggi (≥120V) sehingga anodisasi terjadi dengan sangat cepat, tetapi temperature elektrolit harus tetap rendah dengan

penggunaan *magnetic stirrer* untuk menghindari pemanasan lokal. Dari hasil riset menggunakan HA (*hard anodizing*) didapatkan diameter pori sebesar 150-200nm (Tsyntsaru, 2016)

Tsung-Chieh Cheng pada jurnal "*The Electrical and Mechanical Properties of Porous Anodic 6061-T6 Aluminium Alloy Oxide Film*" di tahun 2015 menjelaskan bahwa electrolytic polishing juga mempengaruhi kualitas anodizing. Kekasaran permukaan mempengaruhi akurasi pengukuran tegangan yang diterima aluminium dan keteraturan pori pada permukaan, Berdasarkan penelitian ini, dengan pemolesan, tegangan pengikis permukaan akan meningkat seiring peningkatan tegangan anodisasi. Namun pada sampel aluminium tanpa polishing, terjadi ketidakteraturan tegangan pengikis karena pemfokusan medan listrik terjadi lebih banyak pada scratch atau goresan yang masih ada pada aluminium. Kekasaran permukaan ini menyebabkan pori-pori pada film anodic aluminium oxide tidak teratur. Proses pemolesan ini juga menstrabilkan prosedur pengukuran untuk analisis selanjutnya seperti anodisasi pertama. (Cheng, 2015)

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bahan Penelitian

Pada Penelitian ini bahan yang digunakan yaitu :

1. Pipa Paduan Aluminium 6061 dengan diameter luar 25,6mm dan ketebalan 3mm
2. Larutan Asam Perklorat ($HClO_4$)
3. Larutan *Ethylene Glycol Buthyl Ether* ($CH_3(CH_2)_3OCH_2CH_2OH$)
4. Larutan Etanol (C_2H_6O)
5. Larutan Asam Oksalat ($C_2H_2O_4$)
6. Serbuk Kromium Trioksida (CrO_3)
7. Larutan Asam Fosfat (H_3PO_4)
8. Larutan Tembaga (II) Klorida ($CuCl_2$)
9. Asam Klorida (HCl)
10. Batang Karbon

3.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah :

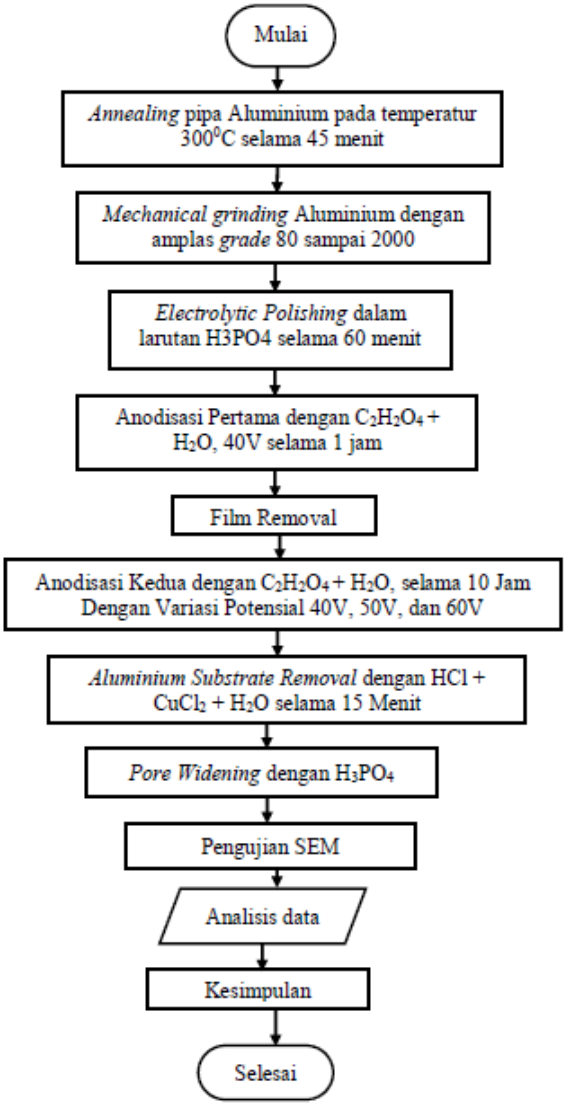
1. Kertas Pasir
   Digunakan untuk menghaluskan permukaan pipa aluminium dan menghilangkan goresan pada pipa aluminium
2. *Muffle Furnace*
   Digunakan Untuk melepas tegangan sisa pipa aluminium sebelum dilakukan anodisasi
3. *Power supply DC*
   Digunakan sebagai sumber tegangan dan arus selama proses anodisasi
4. *Magnetic stirrrer*
   Digunakan untuk mengaduk larutan elektrolit selama proses anodisasi
5. Gelas Beker
   Digunakan sebagai wadah selama proses anodisasi

6. Gelas ukur
   Digunakan untuk mengukur larutan yang digunakan pada proses anodisasi
7. Pipet tetes
   Digunakan untuk meningkatkan ketelitian jumlah larutan yang dimasukkan pada proses anodisai
8. Timbangan digital
   Digunakan untuk menimbang bahan yang digunakan pada proses anodisasi
9. *Ice Bath*
   Digunakan untuk mengontrol temperatur berada dibawah temperatur ruangan
10. Instrumen karakterisasi Material
    a. *Scanning Electron Microscop* (SEM)
       Digunakan untuk menganalisa morfologi dari hasil penelitian

3.3 Metode Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan beberapa tahap proses yang dilakukan. Proses pertama adalah penghilangan tegangan sisa dari spesimen dengan annealing, dilanjutkan dengan mechanical grinding dan polishing, lalu melakukan anodisasi sebanyak dua tahap, setelah selesai proses anodisasi barrier layer dari substrat Al dihilangkan dengan pelarutan untuk menghasilkan produk yang terdiri dari aluminium oksida berpori.

3.3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram Alir Proses *Anodizing* Aluminium

3.3.2 *Annealing*

Pipa Aluminum 6061 dipanaskan pada temperatur 300ºC untuk menghilangkan tegangan sisa yang disebabkan oleh proses produksi dan tegangan sisa dari proses persiapan spesimen. Pemanasan dilakukan selama 1 jam didalam *muffle furnace*.

Gambar 3. 2 Muffle Furnace

3.3.3 *Mechanical Grinding*

Sebelum dilakukan anodisasi pada pipa aluminium 6061, permukaan pipa aluminium sebaiknya di haluskan dulu dengan menggunakan kertas amplas. Pengamplasan dilakukan mulai dari grade 80 hingga 2000. Tujuan pengamplasan pada pipa aluminium 6061 adalah untuk mengurangi adanya goresan pada permukaan. Menurut Tsung-Chieh Cheng (2014) adanya goresan pada permukaan aluminium dapat menyebabkan ketidakberaturan pada arus dan tegangan listrik, dikarenakan tegangan dan arus listrik berfokus pada bagian yang mengalami goresan sehingga ukuran lubang oksidasi aluminium tidak merata pada semua permukaan.

3.3.4 *Electrolytic Polishing*

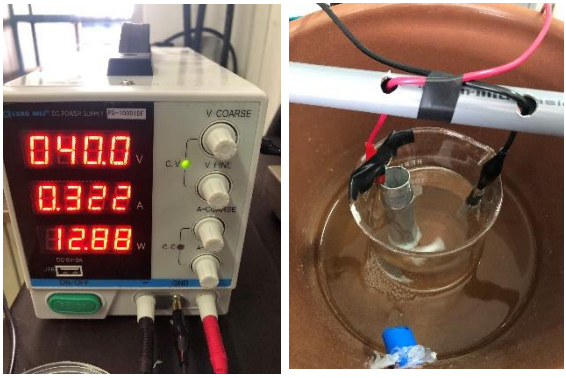
Setelah poermukaan di grinding hingga halus, maka dilakuan elektrolit *polishing* untuk menghilangkan kotoran pada permukaan dan mengurangi goresan yang masih tersisa di

permukaan aluminium. Proses ini menggunakan larutan etilen glikol butyl eter ditambah dengan asam perklorat dan ethanol dan specimen disambungkan dengan power supply dengan tegangan 42 Volt selama 10 menit.

Gambar 3. 3 Proses *Electrolytic Polishing*

3.3.5 Anodisasi Pertama

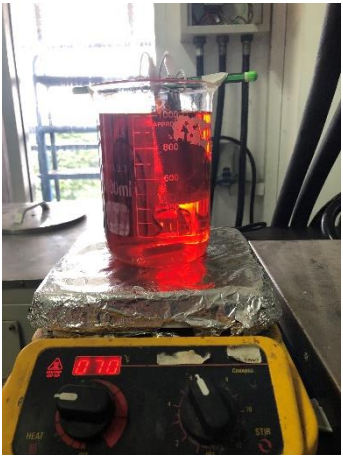
Proses anodisasi pertama bertujuan untuk mengubah substrat aluminium menjadi aluminium oksida. Dilakukan dengan elektrolisis aluminium pada larutan elektrolit $C_2H_2O_4$ pada tegangan 40 Volt selama 1 jam.



Gambar 3. 4 Proses Anodisasi Pertama

3.3.6 *Film Removal*

Setelah terbentuk lapisan pasif aluminium oksida pada proses anodisasi pertama, lapisan pasif aluminium dibersihkan dengan menggunakan larutan CrO_3 + H_3PO_4 + H_2O. Menurut Om Prakash Gujela (2016) tujuan menghilangkan lapisan pasif aluminium oksida pada anodisasi pertama adalah untuk menghasilkan permukaan aluminium yang berpori, sehingga dapat dilakukan anodisasi kedua untuk membentuk lapisan pasif baru dan memperbesar pori.



Gambar 3. 5 Proses *Film AAO Removal*

3.3.7 Anodisasi Kedua

Proses anodisasi kedua menggunakan larutan yang sama dengan proses anodisasi pertama. Perbedaan prosesnya ada pada waktu yang digunakan, waktu yang digunakan pada proses anodisasi kedua lebih lama dibandingkan anodisasi pertama dikarenakan pada proses anodisasi kedua, dibutuhkan waktu yang lebih lama untuk membuat lapisan pasif pada permukaan yang telah dilepas lapisan pasifnya terlebih dahulu dengan menambah kedalam lapisan pasifnya. Waktu yang digunakan pada proses anodisasi kedua adalah 10 jam dengan variasi potensial tertentu untuk mendapat hasil yang berbeda.

3.3.8 *Aluminium Substrate Removal*

Setelah terbentuk lapisan pasif aluminium oksida, maka sisa aluminium yang tidak teroksidasi akan di bersihkan dengan menggunakan larutan H_3PO_4 dan HCl. Pem bersihannya dilakukan dengan cara mengalirkan larutan H_3PO_4 dengan HCl dan *Aquades* ke bagian dalam aluminium yang tidak teranodisasi hingga meninggalkan lapisan hasil anodisasi saja.

Gambar 3. 6 Proses *Substrate Removal*

3.3.9 *Pore Widening*

Pembesaran pori dilakukan untuk meningkatkan kualitas hasil penelitian pada aluminium oksida dengan mendiamkan didalam larutan H_3PO_4 setelah sisa substrat aluminium dibersihkan.

3.4 Pengujian

3.4.1 *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Scanning electron Microscope merupakan sebuah alat yang bekerja dengan menembakkan elektron dengan tegangan yang dipercepat dari 2 – 30 KV melalui lensa elektromagnetik untuk

menghasilkan gambar dari permukaan dengan perbesaran 20 kali hingga 500 kali. (Anggraeni, 2008)

Scanning electron microscope terdiri dari tiga pasang lensa elektromagnetik yang berfungsi untuk memfokuskan elektron menjadi sebuah titik kecil. Sumber utama elektron pada SEM adalah filamen yang berasal dari bahan kawat tungsten atau berupa jarum dari paduan lantanum hexaboride (LaB6) atau Cerium hexaboride (CeB6). Sinyal elektron diubah menjadi gambar dengan menggunakan alat *imaging detector*. (Agus Sujatno, 2015)

SEM digunakan untuk mengamati pori AAO yang terbentuk dari hasil proses anodisasi untuk menentukan keberhasilan penelitian.

Gambar 3. 7 SEM Inspect S50

3.5 Rancangan Penelitian

Adapun rancangan penelitian dan pengujian yang akan dilakukan pada masing-masing sampel adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Rancangan Penelitian

Spesimen Aluminium 6061	Potensial (V)	Waktu Holding (Jam)	Pengujian SEM
1	40	10	✓
2	50	10	✓
3	60	10	✓

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Proses Anodisasi

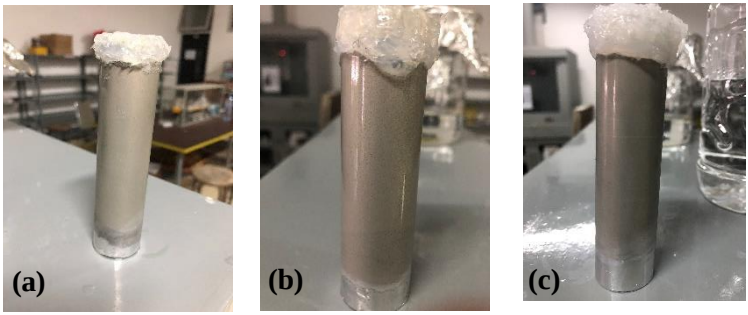
Berdasarkan penelitian, hasil dari eksperimen anodisasi aluminium untuk mendapatkan AAO cube dapat dilihat dari gambar berikut :

Gambar 4. 1 *electrolytic polishing* dengan menggunakan larutan $HClO_4$ + Etilen Glikol Butyl Eter + Ethanol (C_2H_5OH) 42V pada temperatur 15^0C selama 10 Menit

Hasil dari electrolytic polishing akan mempengaruhi proses selanjutnya karena selain untuk mengkilapkan dan menghilangkan porositas pada aluminium, juga berfungsi untuk melebarkan Molekul mikro pada permukaan aluminium agar pada saat anodisasi, dapat terlapisi dengan homogen dan teratur.

Pada anodisasi pertama, terbentuk lapisan AAO film dengan struktur yang tipis dan berwarna kuning pucat. Warna dipengaruhi oleh larutan yang digunakan, yaitu asam oksalat 3% menghasilkan warna kuning pucat seperti pada gambar berikut.

Gambar 4. 2 Hasil anodisasi tahap pertama dengan larutan asam oksalat 3% + aquadest 40V pada temperatur 10^0C selama 1 jam.\

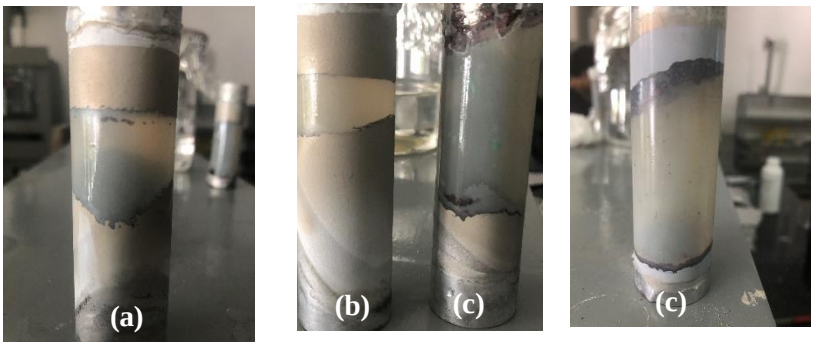


Gambar 4. 3 hasil anodisasi kedua dengan variasi potensial (a) 40V, (b) 50V dan (c) 60V

Pada anodisasi kedua, terdapat perubahan warna dari AAO hasil anodizing yang dihasilkan sesuai dengan penambahan potensial. Untuk potensial 40V, AAO yang dihasilkan memiliki kontras warna yang cukup cerah kekuningan dan tidak terlalu

pekat. Untuk potensial 50V, memiliki morfologi warna abu pekat dan lebih gelap dari potensial sebelumnya. Untuk potensial 60V, memiliki warna dasar biru gelap dan lebih tebal dari potensial dibawahnya. Hal ini menunjukkan hasil anodisasi dengan variasi potensial akan memiliki ketebalan yang berbeda berdasarkan besar potensialnya. Semakin tinggi potensial yang digunakan untuk anodisasi, maka akan menghasilkan AAO yang semakin tebal dan memiliki kontras warna yang semakin gelap.

Untuk mendapatkan AAO film dilakukan proses *Aluminium Substrate Removal* dimana logam aluminium dipisahkan dengan lapisan AAO hasil *anodizing* dengan cara mengalirkan larutan HCl + $CuCl_2$ dan *aquades* ke dalam pipa aluminium sampai substrat aluminium habis dan tersisa lapisan anodisasi saja. Pemisahan yang dilakukan menggunakan pompa asam yang dialiri larutan substrate removal dengan control temperature menggunakan chiller dan dilakukan sampai hanya menyisakan lapisan anodisasi. Untuk hasilnya dapat dilihat pada gambar di bawah.



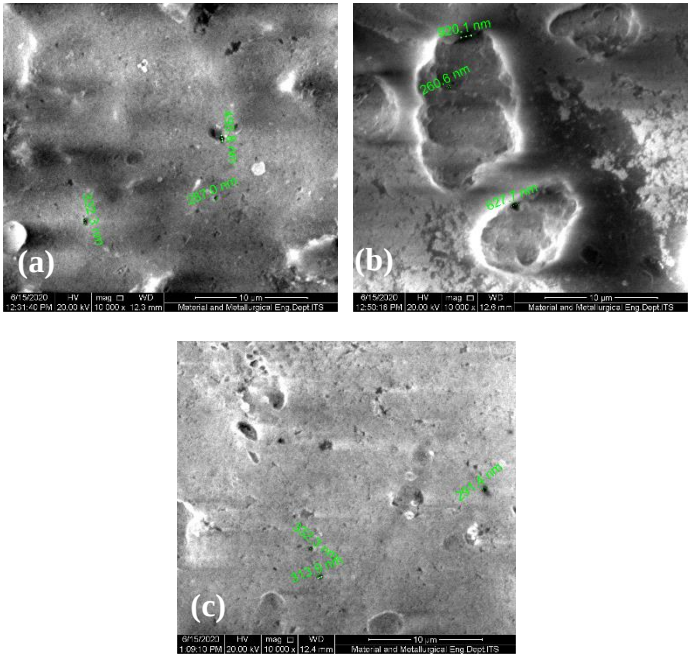
Gambar 4. 4 Hasil Removal Substrate Aluminium. (a) Spesimen 40V, (b) Spesimen 50V dan (c) Spesimen 60V

Substrate removal dihentikan pada saat seluruh bagian substrat aluminium habis atau pada saat terjadi kebocoran pada lapisan hasil anodisasi dikarenakan flow aliran larutan yang terus-menerus

mengikis aluminium dari dalam. Hal ini dilakukan agar larutan asam kuat tidak mengenai bagian luar dari *Anodic Aluminium Oxide* dikarenakan dapat merusak struktur dari lapisan ini. Kebocoran dapat terjadi dikarenakan lapisan anodisasi ini sangat rigid dan sangat tipis, sehingga sangat mudah retak atau pecah.

4.2 Hasil Pengujian SEM

Pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM) dilakukan pada sampel *Anodic Aluminium Oxide* hasil anodizing dengan variasi perbedaan potensial sebesar 40V, 50V dan 60V untuk mengetahui struktur morfologi permukaan dan variasi ukuran pori yang dihasilkan dapat dilihat dari gambar berikut.



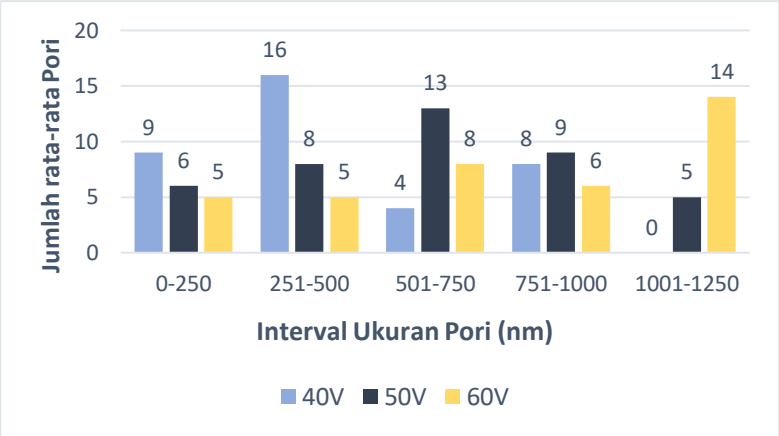
Gambar 4. 5 Hasil uji SEM (a) 40V, (b) 50V dan (c) 60V dengan 10000x perbesaran.

Gambar 4.5 menunjukkan hasi pengujian SEM dari sampel AAO dengan variasi potensial. Pada Gambar 4.5(a) yang merupakan hasil SEM dari AAO dengan potensial 40V menunjukkan morfologi permukaan bergelombang dan membuat *pattern* tertentu dengan persebaran pori yang cukup berjarak. Pada Gambar 4.5(b) memiliki morfologi permukaan yang rata di beberapa bagian dengan memiliki ukuran pori yang cukup besar yang tidak terlalu berjarak. Pada Gambar 4.5(c) memiliki struktur permukaan yang sangat rata dengan terdapat keteraturan pori pada beberapa bagian dengan pattern yang tidak terlalu jelas.

Untuk persebaran pori dapat dilihat dari tabel berikut.

Tabel 4.1 Persebaran Pori pada sampel membran

Interval Ukuran(nm)	40V	50V	60V
0-250	9	6	5
251-500	16	8	5
501-750	4	13	8
751-1000	8	9	6
1001-1250	0	5	14
Rata-rata(nm)	377.753	510.137	872.195



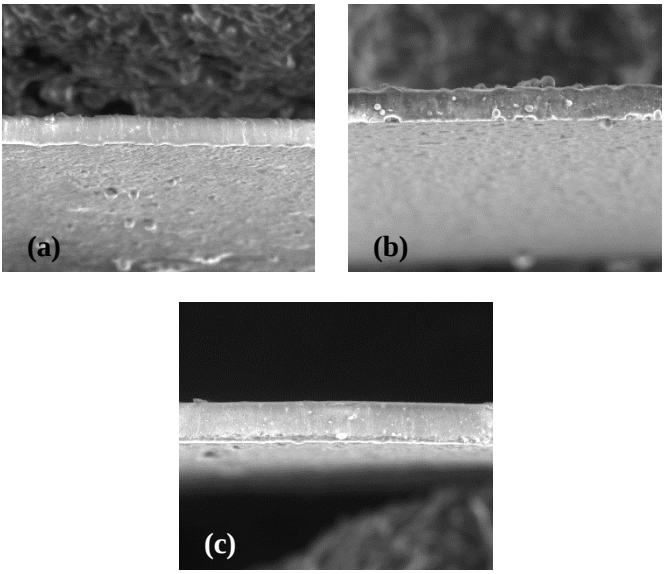
Gambar 4. 6 Diagram Persebaran dan Ukuran Pori AAO pada potensial 40V,50V dan 60V.

Pada data diatas dapat dilihat bahwa:

Pada potensial 40V terdapat persebaran diameter pori paling banyak terdapat pada interval 251-500nm dengan rata-rata diameter pori sebesar 377,753nm. Untuk potensial 50V persebaran diameter pori paling banyak terdapat pada rentang 501-750nm dengan rata-rata diameter pori sebesar 510,137nm. Pada potensial 60V persebaran diameter pori paling banyak terdapat pada rentang 1001-1250nm dengan rata-rata variasi diameter pori sebesar 872,195nm. Terdapat peningkatan rata-rata diameter pori pada setiap peningkatan potensial.

Struktur permukaan dari hasil suatu anodizing dipengaruhi oleh proses awal yang dilakukan, dimana struktur permukaan dari hasil anodisasi akan menunjukkan seberapa baik proses penyebaran arus saat terjadinya anodisasi di interval variable waktu yang digunakan. Tsung-Cheng (2015) menjelaskan pada jurnal *The Electrical and Mechanical Properties of Porous Anodic 6061-T6 Aluminum Alloy Oxide Film*, *electrolytic polishing* merupakan salah satu faktor yang menentukan bagaimana bentuk morfologi

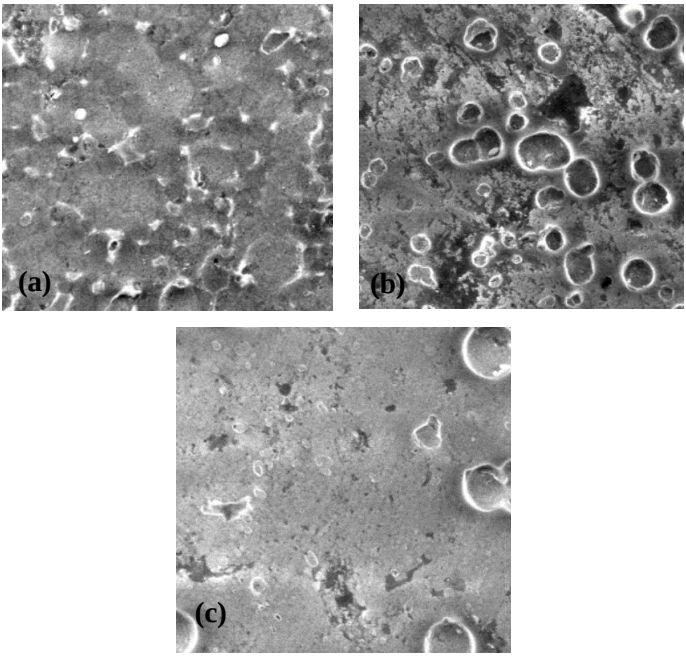
dari hasil anodisasi, yaitu struktur permukaan aluminium hasil anodisasi dengan dilakukannya elektropolishing akan menghasilkan suatu pola teratur berbentuk *hexagonal* dan homogen di hampir setiap permukaannya. Sedangkan kepada sampel tanpa dilakukannya elektropolishing akan membuat sebagian kuat arus terfokus pada beberapa titik *scratch* dan dapat mengakibatkan kebocoran serta merusak membran. Untuk setiap sampel uji percobaan ini, seluruh sampel dilakukan proses elektropolishing, tetapi faktor lain juga berpengaruh terhadap proses pembentukan struktur permukaan, misalnya potensial yang diberikan selama proses berlangsung, waktu pencelupan dan juga kuat arus listrik yang diterima sampel aluminium.



Gambar 4. 7 Cross Section permukaan AAO dengan SEM 1000x Perbesaran sampel (a) 40V, (b) 50V dan (c) 60V

Gambar 4.7 menunjukkan cross-section dari sampel AAO yang dihasilkan. Dari setiap gambar, terdapat perbedaan struktur permukaan yang signifikan terhadap setiap sampel dengan perbedaan variasi potensial. Dimana semakin tinggi potensial yang diberikan menunjukkan semakin rata permukaan yang dihasilkan.

Untuk struktur morfologi permukaan hasil Uji SEM setiap sampel dapat dilihat pada Gambar 4.8



Gambar 4. 8 Struktur permukaan sampel pada (a) 40V, (b) 50V dan (c) 60V hasil SEM 1000x perbesaran.

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan dari struktur permukaan dari setiap sampel pada setiap perbedaan potensial yang diberikan. Gambar 4.7 (a) menunjukkan adanya bentuk corak *hexagonal* yang sedikit tampak pada permukaan dengan persebaran pori yang kurang homogen serta permukaan bergelombang dan tidak rata (Cheng, 2015). Gambar 4.7 (b)

menunjukkan adanya porositas di tempat tertentu dan terlihat permukaan semakin merata di beberapa bagian. Gambar 4.7 (c) menunjukkan bentuk permukaan lebih merata dan terdapat persebaran pori yang homogen di beberapa bagian dan porositas atau lubang non-pori semakin jelas. Hal ini menunjukkan bahwa adanya pengaruh perbedaan potensial terhadap struktur permukaan dari *Anodic Aluminium Oxide*, dimana semakin besar potensial yang diberikan pada sampel akan menyebabkan sampel semakin rata dan pori semakin banyak. (Cheng, 2015).

Beberapa hal yang mempengaruhi hasil dari sampel AAO tidak dapat diidentifikasi dengan spesifik baik dari bagian pori dan struktur permukaannya adalah adanya beberapa proses yang tidak dilakukan karena adanya keterbatasan waktu dan instrument. Seperti contoh yaitu polarisasi aluminium untuk pemilihan specimen dan variabel uji yang cocok sehingga menyebabkan sampel yang diuji belum sempurna dan layak untuk di anodisasi. Juga belum dilakukannya *preliminary study* dalam proses awal sehingga kurang tepatnya benda uji dan specimen yang digunakan. Secara teknis sudah dapat dihasilkan membran AAO yang memiliki pori cukup dalam aplikasi desalinasi dan aplikasi lainnya, tetapi masih sangat banyak kekurangan dalam proses pembuatan dan preparasi spesimennya dan mengakibatkan material yang digunakan belum sempurna dan hasil yang didapatkan baik dari segi struktur permukaan dan ukuran pori tidak memiliki hasil yang baik.

Secara umum, hasil pengujian SEM dengan 1000x perbesaran menjelaskan bagaimana struktur permukaan awal dan persebaran pori secara besar namun tidak spesifik. Sehingga hanya dapat mengacu pada bagaimana struktur permukaan dan banyak persebaran pori sampel membran yang diidentifikasi saja. Untuk mendapatkan hasil yang lebih teliti, harus dilakukan pengujian membran sampel dengan aplikasi BET untuk mengukur error dengan hasil yang sebenranya.

Aplikasi AAO sudah banyak diterapkan dalam lingkup teknik, industri, kedokteran dan juga kebutuhan pokok manusia, seperti

penyaringan air dan desalinasi. Berdasarkan hasil penelitian pada setiap variabel beda potensial yang diberikan selama proses, yaitu 40 volt, 50 volt dan 60 volt, menghasilkan interval perbedaan pori yang cukup jauh sehingga hanya beberapa yang dapat digunakan dalam aplikasi desalinasi dan *water filtering*. Chu-Yu Lin (2012) pada jurnal "*Nano Desalinator by Electrostatic Ion Sieving for Low-Power Water Purification"* menjelaskan bahwa ukuran optimal pori pada membran yang dapat digunakan adalah sekitar 200nm (Lin, et al., 2012) sehingga jika dilihat dari grafik pada Gambar 4.6 terkait ukuran pori pada hasil penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa hasil penelitian ini dapat digunakan untuk menjadi membran penyaring pada proses desalinasi. Membran AAO yang dihasilkan akan diberikan perlakuan tambahan seperti EDL (*electro-double layer*) untuk membuat *nano-desalinator*. Alumina 50 nm pada *layer* pertama dengan sputtering dan kemudian 10 nm HfO2 oleh atom-layer-deposition (ALD) pada *layer* kedua diendapkan ke permukaan bagian dalam AAO untuk membuat film tipis seragam di dalam *nanochannels* tanpa cacat. Karena EDL tumpang tindih, tingkat desalinasi mencapai 50%, yang dimana dekat dengan kemampuan desalinasi maksimum sistem ini untuk mengambil co-ion pada air laut untuk menjadikannya air murni.

Berdasarkan hasil dari penelitian ini, membran AAO dari hasil anodizing aluminium memenuhi spesifikasi pori yang dapat digunakan sebagai material dasar untuk membuat *nano-desalinator* sebagai penyaring ion pada proses desalinasi air laut.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pada setiap penambahan beda potensial dengan variasi 40 volt, 50 volt dan 60 volt selama 10 jam, ketiga variabel menunjukkan adanya perbedaan struktur dan morfologi permukaan pada pengujian SEM. Semakin tinggi potensial yang diberikan maka morfologi permukaan akan semakin rata dan persebaran pori nya akan semakin banyak.
2. Beda potensial yang diberikan selama proses anodisasi mempengaruhi nilai diameter pori yang dihasilkan. Semakin tinggi potensial yang diberikan, maka diameter pori yang dihasilkan akan semakin besar.
3. Untuk pembuatan *Anodic Aluminium Oxide* dengan variasi beda potensial 40 volt, 50 volt dan 60 volt, beberapa hasil penelitian memenuhi spesifikasi pori yang dapat digunakan sebagai bahan membran dasar pembuatan *nano-desalinator* untuk aplikasi desalinasi air laut, yaitu berada pada kisaran 0-250 nm.

5.2 Saran

Adapun saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan alat pengujian yang memiliki skala lebih besar agar hasil sampel nano yang didapat lebih mudah dianalisis.
2. Menambahkan pengujian FTIR untuk mengetahui senyawa hasil anodisasi yang didapatkan.
3. Memperbaiki *flow rate* pada saat *removal aluminium substrate* untuk mendapatkan membran hasil anodisasi yang lebih sempurna.
4. Menambahkan pengujian BET untuk mengukur error dari hasil yang sebenarnya dari struktur permukaan dan ukuran pori yang didapatkan.

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

DAFTAR PUSTAKA

A. Jagminiene, G. V. (2005). Crystal Growth. 3–4.

Agus Sujatno, R. S. (2015). STUDI SCANNING ELECTRON MICROSCOPY (SEM) UNTUK KARAKTERISASI PROSES OXIDASI PADUAN ZIRKONIUM . *Jurnal Forum Nuklir*, 44-50.

Alfreda, K. A. (2017). *PENGARUH KONSENTRASI Na2SiO3 TERHADAP MORFOLOGI DAN KEKERASAN LAPISAN Al2O3 PADA AL 2024 MENGGUNAKAN METODE PLASMA ELECTROLYTIC OXIDATION*. Surabaya: ITS.

Alhamidi, A. L. (2016). Evolusi Mikrostruktur Paduan Al 6061 Hasil Proses Canai Dingin Terhadap Sifat Mekanik. 25–34.

Ali, S., Susanti, D., Nurdiansah, H., Refsita, L., & Husna, A. (2019). Analisis Pengaruh Durasi Iradiasi terhadap Struktur Graphene Hasil Sintesis dengan Metode Microwave-Assisted Solvothermal untuk Aplikasi Superkapasitor. *Graphene*, 6.

Anggraeni, N. D. (2008). Analisa SEM (Scanning Electron Microscopy) dalam Pemantauan Proses Oksidasi Magnetite Menjadi Hematite. *Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri*, 50-56.

Araoyinbo A.O., N. A. (2010). Voltage Effect On Electrochemical Anodization Of Aluminum At Ambient Temperature. *International Journal of Mechanical and Materials Engineering (IJMME) Vol. 5 (2010)*, 1, 53-58.

Arsyad, M. N. (2001). *Kamus Kimia : Arti dan Penjelasan*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka.

Cheng, T.-C. C.-C. (2015). The Electrical and Mechanical Properties of Porous Anodic 6061-T6 Aluminium Alloy Oxide Film. *Journal of Nanomaterials Volume 2015, Article ID 371405*, 1-5.

Christoph Schmitz, J. D. (2006). *Handbook of Aluminium Recycling : Fundamentals, Mechanical, Preparation,*

Metallurgical Processing, Plant Design. Vulkan-Verlag GmbH.

Demir, H. &. (2009). The effects of aging on machinability of 6061 Aluminium Alloy. *Materials and Design*, 1480-1483.

E. Tan, B. O. (2007). Influence of heat treatment on the mechanical properties of AA6066 alloy. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences. 31.1*, 53-60.

F. Keller, M. S. (1953). Structural Features of Oxide Coatings on Aluminum. *The Electrochemical Society*.

Flemming, R. M. (1999). Effects of synthetic micro- and nano-structured surfaces on cell behaviour. *Biomaterials 20*, 573.

Gujela, O. P. (2016). Anodic Aluminum Oxide (AAO) Nano Membrane Fabrication under Different Conditions. *IEEE International Conference on Recent Advances and Innovations in Engineering (ICRAIE-2016)*.

Hideki Masuda, F. H. (1997). Self-ordering of cell arrangement of anodic porous alumina formed in sulfuric acid solution. *Journal of the Electrochemical Society, vol. 144, issue 5*, L127-L130.

Hun., C. W. (2018). New Technique for Batch Production of Tubular Anodic Aluminum Oxide Films for Filtering Applications. *Appl. Sci. 2018, 8, 1055;*, 1-10.

Karlsson, M. J. (2004). Nanoporous aluminum oxide affects neutrophil behaviour. 259.

Kusuma, A. K. (2014). ANODIZING LOGAM ALUMINIUM DENGAN VARIASI BEDA. *e-Journal Kimia Visvitalis Universitas Pendidikan Ganesha Jurusan Pendidikan Kimia (Volume 2 Tahun 2014)*, 138-145.

lin, C.-Y., Huang, Y.-S., Chang, C.-J., Chang, W.-C., Chueh, Y.-L., & Tseng, F.-G. (2012). NANO DESALINATOR BY ELECTROSTATIC ION SIEVING FOR LOW-POWER WATER PURIFICATION. *Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences*, 1417-1419.

Lin, C.-Y., Huang, Y.-S., Chang, C.-J., Chang, W.-C., Chueh, Y.-L., & Tseng, F.-G. (2012). NANO DESALINATOR BY ELECTROSTATIC ION SIEVING FOR LOW-POWER WATER PURIFICATION. *16th International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences*, 1417-1419.

Mahesa, A. S. (2019). *PENGARUH VARIASI BEDA POTENSIAL DAN WAKTU OKSIDASI TERHADAP STRUKTUR, MORFOLOGI DAN KETAHANAN OKSIDASI TEMPERATUR TINGGI DARI PADUAN Ti-6Al-4V DENGAN METODE PLASMA ELECTROLYTIC OXIDATION UNTUK APLIKASI FAN BLADE MESIN PESAWAT*. Surabaya: ITS.

Masuda H., F. K. (1995). Ordered metal nanohole arrays made by a two-step replication of honeycomb of anodic alumina, . *Science*, 1466-68.

Nguyen, T. P., Andisetiawan, A., Lam, D. V., Kim, J. H., Choi, D.-S., & Whang, K.-H. (2016). Nano sand filter with functionalized nanoparticles embedded in anodic aluminum oxide templates. *Scientific Report*, 1-8.

Parkinson, L. G. (2009). The Potential of Nanoporous Anodic Aluminium Oxide Membranes to influence Skin Wound Repair. *Tissue Engineering: Part A Volume 15, Number 12*, 3753-63.

Polmear, I. J. (1995). *Light Alloys: Metallurgy of the Light Metals.* Arnold.

Presto C., F. L. (2003). *Anodizing.* England: The University of Manitoba.

Pungky Eka Setyawan, Y. S. (2014). kekuatan Tarik dan Porositas Hasil Sambungan Las Gesek Aluminium 6061 dengan Berbagai Suhu Aging. *Jurnal Rekayasa Mesin Vol.5, No.2* , 141-148.

Randhiko, A. H. (2018). Pengaruh Post Weld Heat Teatment (PWHT) T6 Pada Aluminium Alloy 6061-O dan Pengelasan Longitudinal Tungsten Inert Gas Terhadap

Sifat Mekanik dan Struktur Mikro. *Jurnal Teknik Mesin, 2(3)*, 167-174.

Rochman R, H. P. (2010). Karakterisasi Sifat Mekanik dan Pembentukan Fasa Presipitat pada Aluminium Alloy 2024-T81 akibat Perlakuan Penuaan. *Mekanika. Volume 8 Nomor 2*, 165-171.

Saito, M. A. (2005). Self-ordering of anodic porous alumina formed in organic acid electrolytes. 827.

Santhiarsa, I. G. (2010). Pengaruh Kuat Arus Listrik dan Waktu Proses Anodizing Dekoratif pada Aluminium Terhadap Kecerahan dan Ketebalan Lapisan. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CakraM Vol. 4 No.1.* , 75-82.

Schwartz, M. M. (1992). *Composite Materials Handbook. Second Edition.* USA: McGraw-Hill.

Sidharta, B. (2014). Pengaruh Konsentrasi Elektrolit dan Waktu Anodisasi Terhadap Ketahanan Aus, Kekerasan Serta Ketebalan Lapisan Oksida Paduan Aluminium Pada Material Piston. *Jurnal Ilmiah, Teknik Mesin. Institut Sains dan Teknologi AKPRIND Yogyakarta*.

Smith, F. W. (1994). *Structure and Properties of Engineering Alloys*. New York: McGraw-Hill International Book Company.

Surdia Tata, d. S. (1985). *Pengetahuan Bahan Teknik.* Jakarta: PT Dainippon Gitakarya Printing.

Svehla, G. (1990). *Vogel Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro Edisi Kelima Bagian I.* Jakarta: PT Kalman Media Pusaka.

TCEQ. (2007). *Calculations Guidance Package: Chromium Plating & Anodizing Operation Using Chromic Acid.* Texas.

Tsyntsaru, N. (2016). Porous anodized aluminium oxide: application outlooks. *CHEMIJA, Vol. 27. No. 1.*, 17–23.

Vidhatri Gujela, O. P. (2016). Simulation of Cantilever beam for nano manipulator. *International Conference on Microelectronics, Computing and Communication*.

Wood, L. (2014). Porous anodic aluminum oxide: anodization and templated synthesis of functional nanostructures. *Chemical Reviews*, 114-115.

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

UCAPAN TERIMA KASIH

Sebagai Penutup Penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa yang selalu memberikan berkatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian ini.
2. Orang Tua penulis yang selalu memberikan bantuan serta dukungan doa kepada penulis.
3. Bapak Lukman Noerochim S.T.,M.Sc.(Eng)., Ph.D, dan Ibu Dr.Widyastuti,S.Si.,M.Si selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan bimbingan selama proses penelititan dan pembuatan Laporan Tugas Akhir.
4. Semua pihak terkait lainnya yang membantu penulis selama proses pembuatan Laporan Tugas Akhir ini

(*Halaman ini sengaja dikosongkan)*

BIODATA PENULIS

Penulis lahir di Sidikalang pada 4 Mei 1998. Penulis merupakan anak kedua dari 4 bersaudara pasangan Serupa Karo-karo dan Armonia Saragi. Riwayat Pendidikan yang ditempuh oleh penulis yaitu SDN 030284 Sidikalang, SMP Negeri 1 Sidikalang, SMA Negeri 2 Yayasan Soposurung Balige, dan kini melanjutkan studi di Departemen Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya, Jawa Timur.

Selama berkuliah di ITS, penulis pernah dan aktif organisasi kerohanian PMK dan kepanitiaan Natal-Paskah ITS, kerja Praktik di PT. Pindad Persero, melakukan aksi sosial serta lomba bidang akademik dan non-akademik. Penulis pernah menjabat sebagai staff Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa (PSDM) HMMT KONSEN 2017/2018 dan Ketua Persekutuan Doa Kristen-Katolik Teknik Material selama 1 Periode serta berbagai kepanitiaan lainnya.

Penulis memiliki pengalaman kerja praktik di PT. Pindad Persero, kota Bandung, Jawa Barat yang dilaksanakan pada periode Juni-Juli 2019. Tugas akhir penulis berjudul “Analisis Pengaruh Variasi Beda Potensial terhadap Ukuran Pori dan Struktur Permukaan Anodic Aluminium Oxide (AAO) dengan Metode Mild Anodizing”.

Email : yosapatkarokaro1@gmail.com

(Halaman ini sengaja dikosongkan)