TUGAS AKHIR – TL184834

PENGARUH WAKTU HOLDING ANODISASI TERHADAP DIAMETER PORI DAN TEBAL LAPISAN ALUMINIUM OKSIDA ANODIK DENGAN MENGGUNAKAN METODE TWO STEP ANODIZATION

TADEUS PANTRYAN SIMARMATA
NRP. 02511640000012

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

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

TUGAS AKHIR – TL 184834

PENGARUH WAKTU HOLDING ANODISASI TERHADAP DIAMETER PORI DAN TEBAL LAPISAN ALUMINIUM OKSIDA ANODIK DENGAN MENGGUNAKAN METODE TWO STEP ANODIZATION

TADEUS PANTRYAN SIMARMATA
NRP. 02511640000057

Dosen Pembimbing
Lukman Noerochim S.T., M.Sc.(Eng)., PhD
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

THE EFFECT OF ANODIZING TIME ON PORE SIZE AND THICKNESS OF ANODIC ALUMINIUM OXIDE COATING USING TWO STEP ANODIZE METHOD

TADEUS PANTRYAN SIMARMATA
NRP. 02511640000057

Supervisor
Lukman Noerochim S.T., M.Sc.(Eng).,Ph.D
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 WAKTU HOLDING ANODISASI TERHADAP DIAMETER PORI DAN TEBAL LAPISAN ALUMINIUM OKSIDA DENGAN MENGGUNAKAN METODE TWO STEP ANODIZATION

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 Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
TADEUS PANTRYAN SIMARMATA
NRP 02511640000057

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Lukman Noerochim S.T.,MSc(Eng).,Ph.D.....(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*)

Analisa Pengaruh Waktu Holding Anodisasi Terhadap Diameter Pori dan Tebal Lapisan Aluminium Oksida Dengan Menggunakan Metode Two Step Anodization

Nama : Tadeus Pantryan Simarmata
NRP : 02511640000057
Departemen : Teknik Material dan Metalurgi
Pembimbing I : Lukman Noerochim S.T.,M.Sc.(Eng)., Ph.D
Pembimbing II : Dr.Widyastuti,S.Si.,M.Si

Abstrak

Aluminium oksida anodik adalah salah satu proses yang popular untuk membuat material berpori. Untuk aplikasi aluminium oksida pada filtrasi air tanah, membutuhkan diameter pori yang dapat ditentukan, maka untuk dapat mengontrol diameter pori aluminium oksida anodik, pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu holding pada anodisasi kedua terhadap diameter pori aluminium oksida anodik yang dihasilkan. Pada penelitian ini menggunakan metode two step anodization. Pada penelitian ini menggunakan asam oklasat sebagai larutan elektrolit pada proses anodisasi dan menggunakan aluminium 6061 sebagai material dasar pembentuk aluminium oksida anodik. Spesimen diuji dengan menggunakan scannning electron microscope untuk mengetahui diameter pori yang dihasilkan. Dari hasil penelitian terjadi peningkatan pada diameter pori aluminium oksida mulai 357nm pada spesimen dengan waktu holding 10 jam, 378nm pada spesimen dengan waktu holding 15 jam dan 410 pada waktu holding 20 jam. Pada tebal lapisan terjadi peningkatan yaitu 26,6µm pada spesimen 10 jam, 36,2 µm pada spesimen 15 jam dan 41,3 pada spesimen 20 jam. Pada perbandingan dengan ukuran bakteri, maka didapatkan hasil penelitian kemungkinan dapat digunakan untuk filtrasi air tanah pada jenis bakteri dan alga, namun belum dapat digunakan pada jenis virus.

Kata Kunci: ***AAO, Waktu Holding, Anodisasi, Nanoporous***

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

THE EFFECT OF ANODIZING TIME ON PORE SIZE AND THICKNESS OF ANODIC ALUMINIUM OXIDE COATING USING TWO STEP ANODIZE METHOD

Student Name : Tadeus Pantryan Simarmata
NRP : 02511640000057
Department : Material and Metallurgical Engineering
Supervisor : Lukman Noerochim S.T.,M.Sc.(Eng)., Ph.D
Co-Supervisor : Dr.Widyastuti,S.Si.,M.Si

Abstract

Anodic aluminum oxide is one of the popular processes for making porous materials. For aluminum oxide applications in ground air filters, which require a pore diameter that can be determined, to be able to control the diameter of anodic aluminum oxide, this study aims to find out how to hold when holding at anodization associated with the anodic aluminum oxide diameter produced. In this study using the two-step anodizing method. In this study using oklasic acid as an electrolyte solution in the anodizing process and using aluminum 6061 as the basic material for forming anodic aluminum oxide. Specimens are assessed using an electron scannning microscope to determine the pore diameter produced. From the results of the study there was an increase in the aluminum diameter of aluminum starting at 357nm in specimens with a holding time of 10 hours, 378nm on specimens with a holding time of 15 hours and 410 at holding time of 20 hours. At the thickness of the layer there was a height of 26.6 μm in the 10 hour specimen, 36.2 μm in the 15 hour specimen and 41.3 in the 20 hour specimen. In comparison with the size of the bacteria, the research results obtained has the possibility can be used to filter the air in the type of microbial bacteria and algae, but not yet used in the type of virus microbes.

Keywords: ***AAO, Holding Time, Anodizing, Nanoporous***

(*This page is intentionally left blank*)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis sampaikan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan pertolongannya, penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul "Pengaruh Waktu Holding Anodisasi Terhadap Diameter Pori Dan Tebal Lapisan Aluminium Oksida Anodik Dengan Menggunakan Metode *Two Step Anodization*."

Pada Laporan Tugas Akhir ini, diuraikan bagaimana pengaruh proses anodisasi terhadap lapisan yang dihasilkan yang akan digunakan untuk penyaringan air tanah. Air tanah merupakan faktor penting yang dapat dimanfaatkan dalam kehidupan sehari hari.

Penulisan laporan ini ditujukan untuk memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan studi pada Departemen Teknik Material, Fakultas Teknologi Industri Dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Penulis juga mengucapkan terima kasih terhadap semua pihak yang telah membantu penulis selama proses pembuatan laporan tugas akhir ini, antara lain:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang selalu memberikan berkatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian ini.
2. Orang Tua penulis yang selalu memberikan bantuan moral 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

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih kepada semua orang yang membaca hasil penelitian ini, semoga laporan ini dapat

bermanfaat bagi semua yang membaca penelitian ini dan dapat bermanfaat bagi perkembangan proses penyaringan air tanah.

Surabaya, 26 Juli 2019

Penulis

Tadeus Pantryan Simarmata

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... **i**
LEMBAR PENGESAHAN ..... Error! Bookmark not defined.
Abstrak ..... **vii**
Abstract ..... **ix**
KATA PENGANTAR ..... **xi**
DAFTAR ISI ..... **xiii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xv**
DAFTAR TABEL ..... **xviii**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan Penelitian 2
1.5 Manfaat Penelitian 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **5**
2.1 Aluminium 5
2.1.1 Aluminium 6061 7
2.2 *Electropolishing* 8
2.3 Anodisasi 11
2.4 Pengolahan Air Tanah 25
2.5 Penelitian Sebelumnya 32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN **37**
3.1 Bahan Penelitian 37
3.2 Alat Penelitian 37
3.3 Metode Penelitian 38
3.3.1 Menghilangkan Tegangan Sisa 38
3.3.2 *Mechanical Grinding* 38
3.3.3 *Electrolytic Polishing* 39
3.3.4 Anodisasi Pertama 39
3.3.5 Melepas Lapisan Aluminium Oksida Pada Anodisasi Pertama 40
3.3.6 Anodisasi Kedua 41

3.3.7 Melepas Sisa Substrat Aluminium 41
3.3.8 Memperbesar Pori 42
3.4 Pengujian..... 42
3.4.1 Scanning Electron Microscope..... 42
3.5 Rancangan Penelitian..... 43
3.5.1 Diagram Alir Penelitian..... 43
3.5.2 Variabel Bebas, Variabel Terikat, Variabel Kontrol..... 45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 47
4.1 Hasil Anodisasi 47
4.2 Hasil Pengujian SEM..... 51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... 57
5.1 Kesimpulan 57
5.2 Saran 58
DAFTAR PUSTAKA 59
LAMPIRAN 63
UCAPAN TERIMA KASIH 65
BIODATA PENULIS 67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Elektropolish (Wei Han 2019) 9
Gambar 2.2 Kurva Hubungan Tegangan Dan Rapat Arus Untuk Elektropolish. (G Yang 2016) 9
Gambar 2.3 Pengaruh Temperatur Anodisasi Terhadap Tebal Lapisan Oksida. (S. Theohari 2013).....12
Gambar 2.4 Pengaruh Rapat Arus Terhadap Ukuran Pori Lapisan Oksida Pada Proses Anodisasi. (Seung-Jun Lee 2016).....12
Gambar 2.5 Pengaruh Ph Terhadap Voltase Yang Digunakan Pada Kestabilan Reaksi Pada Proses Anodisasi. (Adam L. Friedman 2007).....13
Gambar 2.6 Skema Pelaksanaan Anodisasi (Altama 2017) 14
Gambar 2.7 Pengaruh Penambahan Katalisator Terhadap Rapat Arus yang dibutuhkan untuk terjadinya reaksi pada proses elektrolisis. (Sang-Eun Jang 2010) 15
Gambar 2.8 Pengaruh Luas Permukaan Yang Tercelup Terhadap Tebal Lapisan Yang Terbentuk. (Leszek Zaraska 2013) 15
Gambar 2.9 Pengaruh Konsentrasi Larutan Terhadap Proses Elektrolisis. (Haleemah J. Mohammed 2019).....16
Gambar 2.10 Hasil Anodisasi Tahap Pertama. (Om Prakash Gujela 2016) 17
Gambar 2.11 Tipe Lapisan Aluminium Oksida 19
Gambar 2.12 Hasil SEM Permukaan AAO (C.K. Chung 2011).....20
Gambar 2.13 Bagian Melintang Aluminium Oksida Anodisasi (Dusan Losic 2019) 21
Gambar 2.14 Proses Pembentukan Pori Bulk Expansion Stress Model 24

Gambar 2.15 Skema Pencemaran Air Tanah (M. Yavuz Corapcioglu 1984) 26
Gambar 2.16 Skema Proses Pengolahan Air 29
Gambar 2.17 Ukuran Diameter Pori Pada Media Filtrasi Dan Ukuran Partikel Mikroba. (Lorna Fewtrell 2001)..... 31
Gambar 2.18 Hasil SEM Pada Penelitian Chien Wan Thun (Chien Wan Hun 2018)..... 33
Gambar 2.19 A. Tampak Luar Spesimen AAO, B. Penampang Melintang AAO,C. Permukaan AAO. (Viswanathan S. Saji 2015)..... 35
Gambar 2.20 Skema Pembentukan membran AAO (Alexsandro Mendes Zimer 2015)..... 36
Gambar 3.1 Rangkaian Alat Electropolishing..... 39
Gambar 3.2 Rangkaian Alat Anodisasi Pertama 40
Gambar 3.3 Rangkaian Alat Removal Alumina..... 41
Gambar 3.4 Rangkaian Alat Anodisasi Kedua..... 41
Gambar 3.5 Rangkaian Alat Removal Aluminium Substrat 42
Gambar 3.6 Diagram Alir Percobaan 45
Gambar 4.1 Spesimen hasil Annealing..... 47
Gambar 4.2 Hasil Elektropolish 48
Gambar 4.3 Hasil Anodisasi Pertama..... 49
Gambar 4.4 Hasil Alumina Removal 49
Gambar 4.5 Hasil Anodisasi Kedua A. 10 Jam B. 15 Jam C. 20 Jam 50
Gambar 4.6 Hasil Removal Aluminium Substrat a. 10 jam b. 15 jam c. 20 jam..... 51
Gambar 4.7 Hasil Pengujian SEM dengan Perbesaran 10000 a. 10 jam b. 15 jam c. 20 jam..... 52
Gambar 4.8 Perbandingan Persebaran Diameter Pori Aluminium Oksida Pada 10 Jam 15 Jam Dan 20 Jam..... 53

Gambar 4.9 Hasil SEM Cross Section Pada Spesimen Dengan Waktu Holding A. 10 Jam B. 15 Jam C. 20 Jam 54
Gambar 0.1 Lampiran Hasil SEM Tampak Bawah Pada Perbesaran 1000x spesimen 10 Jam 63
Gambar 0.2 Lampiran Hasil SEM Tampak Bawah Pada Perbesaran 1000x spesimen 15 Jam 63
Gambar 0.3 Lampiran Hasil SEM Tampak Bawah Pada Perbesaran 1000x spesimen 20 Jam 64

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi kimia Aluminium 6061 (Committee, Standard Specification for Aluminum-Alloy 6061-T6 Standard Structural Profiles 2009).....7
Tabel 2.2 Ketebalan Lapisan Aluminium Oksida (Committee, The Surface Treatment And Finishing of Aluminium And Its Alloys 2011) 21
Tabel 3.1 Variabel Bebas Penelitian.....46
Tabel 4.1 Tebal Lapisan Aluminium Oksida pada spesimen 10 jam, 15 jam, 20 jam 54

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Anodizing merupakan proses elektrokimia konversi untuk membentuk lapisan oksida pada permukaan logam tertentu dengan tujuan mempertebal lapisan oksida alami pada logam tersebut (Moniruzzaman 2011). Aluminium oksida anodik merupakan material yang memiliki lubang berukuran nano yang terbentuk secara sendir dengan menggunakan proses anodisasi. .

Anodisasi adalah salah satu proses yang popular untuk membuat material berpori dengan ukuran 10-200nm. Produk dari anodisasi aluminium adalah aluminium oksida anodik. Membran alumina berpori pada aluminium oksida anodik dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti pada bidang biomaterial, pemisahan material, sensor, dan bidang elektronik.

Salah satu aplikasi dari material nanopori aluminium oksida adalah penyaringan air. Kontaminasi mikroba air minum berkontribusi terhadap wabah penyakit dan tingkat latar belakang penyakit di negara maju dan berkembang di seluruh dunia. Pengendalian penyakit yang ditularkan melalui air adalah elemen penting dari kebijakan kesehatan masyarakat dan tujuan pemasok air. (Fewtrell dan Bartram 2001)

Salah satu metode penyaringan air yang sedang dikembangkan adalah menggunakan material berpori, material berpori yang banyak digunakan adalah aluminium oksida yang diperoleh dengan metode anodisasi. Untuk dapat menggunakan material berpori alumimium oksida pada proses penyaringan air, dibutuhkan ukuran pori tertentu sehingga dapat menyaring bakteri dan virus. Untuk menghasilkan aluminium oksida anodik dengan ukuran nanoporous yang dapat diperkirakan, maka dibutuhkan proses yang terkontrol sehingga menghasilkan ukuran nanoporous aluminium oksida anodik yang dapat diperkirakan. Pada penelitian sebelumnya, Araoyinbo pada jurnalnya berjudul “Voltage Effect On Electrochemical Anodization Of Aluminium At Ambient

Temperature" menjelaskan bahwa peningkatan tegangan pada proses anodisasi aluminium oksida anodik menyebabkan terjadinya peningkatan kerapatan arus yang signifikan dan mempercepat pembentukan pori. Diameter pori hasil anodisasi tergantung pada tegangan dan rapat arus yang diaplikasikan. Chien wan thun, pada jurnal "A New Technique For Batch Production Of Tubular Anodic Aluminium Oxide Films For Filtering Application" pada tahun 2018 menggunakan aluminium 6061 sebagai material Aluminium oksida anodik. Hasil penelitian chen menunjukkan. AAO film dengan ketebalan 100µm dengan ukuran diameter lubang sebesar 10nm.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu *holding* anodisasi kedua terhadap diameter pori dan tebal lapisan aluminium oksida anodik yang dihasilkan untuk dapat diaplikasikan pada proses penyaringan air minum.

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh waktu *holding* anodisasi kedua terhadap diameter pori aluminium oksida anodik?
2. Bagaimana pengaruh waktu *holding* anodisasi kedua terhadap tebal lapisan aluminium oksida anodik?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Tekanan udara dianggap tidak berubah
2. pH lingkungan dianggap stabil

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk menganalisa pengaruh waktu *holding* pada anodisasi kedua terhadap diameter pori aluminium oksida anodik.
2. Untuk menganalisa pengaruh waktu *holding* pada anodisasi kedua terhadap tebal lapisan aluminium oksida anodik

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Sebagai referensi dasaran pemilihan waktu anodisasi untuk mendapatkan diameter pori aluminium oksida anodik.
2. Sebagai referensi dasaran pemilihan waktu *holding* untuk mendapat tebal aluminium oksida anodik.

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Aluminium

Alumina (Al_2O_3) ditemukan pada abad 18. Sir Humphry Davy pada tahun 1807 berhasil memisahkan aluminium dari alumina dengan menggunakan agen pereduksi yang sangat kuat. Pada tahun 1825, Danish Worker, H.C. Oersted sukses mengolah aluminium berbentuk serbuk dari reduksi aluminium klorida dengan menggunakan sodium amalgam. Pada 2 tahun berikutnya, F.Wohler mengganti larutan amalgam menjadi pottasium, pada tahun 1827 hinggan 1847, telah ditemukan berbagai cara reduksi dan karakteristik aluminium yang berbeda. Bijih utama logam aluminium adalah bauksit. Beberapa contoh penggunaan logam aluminium adalah pembuatan kabel, kerangka pesawat, alat otomotif. Aluminium dalam bentuk senyawa juga dapat dimanfaatkan sebagai obat, penjernih air, fotografi, serta sebagai ramuan cat. (Committee, The Surface Treatment And Finishing of Aluminium And Its Alloys 2011)

Aluminium merupakan salah satu logam *non ferrous* yang memiliki sifat,seperti : berat jenis yang ringan, ketahanan pada korosi yang tinggi, dan mampu pengerjaan mesin yang baik, mampu cor yang baik, dan sifat mekanik yang buruk. Kekuatan tarik aluminium murni berkisar 90 MPa dan kekuatan tarik paduan aluminium berkisar hingga 600 MPa. Resistansi terhadap korosi pada aluminium terjadi ketika terjadinya pembentukan aluminium oksida, dikarenakan aluminium terpapar udara bebas. Lapisan ini menjadi lapisan pasif sehingga menghambat aluminium bersentuhan langsung dengan udara bebas. (Masyrukan 2010)

Aluminium merupakan logam yang banyak ditemukan pada lapisan kerak bumi dan juga dapat ditemukan di batuan granit dan mineral lainnya. Aluminium pada alam dapat ditemukan dalam bentuk silika maupun oksida, seperti feldspar, tanah liat , dan mika yang berbentuk silika, anhindrat sebagai bentuk oksida, bauksit

yang banyak digunakan sebagai bahan dasar pembuatan aluminium sebagai bentuk hidrat.

(Setiawan dan Wildan 2018)

Dengan pemaduan, sifat mekanik aluminium dapat diperbaiki. Jenis dan pengaruh unsur paduan terhadap sifat mekanik aluminium antara lain :

1. Silikon (Si)
   Penambahan silikon pada paduan aluminium dapat menambah kekuatan yang tinggi setelah perlakuan panas, akan tetapi dapat menyebabkan kualitas pengerjaan mesin menjadi jelek, dan mengurangi ketahanan terhadap korosi.
2. Tembaga (Cu)
   Unsur tembaga pada paduan aluminium dapat meningkatkan kekerasannya dan kekuatannya dikarenakan tembaga dapat memperhaus ukuran butir, menambah kualitas hasil pengerjaan mesin, meningkatkan mampu tempa, dan meningkatkan keuletan sehingga mudah dibentuk.
3. Magnesium (Mg)
   Magnesium pada paduan aluminium bertujuan untuk meningkatkan ketahanan korosi dan meningkatkan kualitas pengerjaan mesin yang baik, mampu tempa, keuletan dan mudah dibentuk.
4. Nikel (Ni)
   Penambahan nikel pada paduan aluminium dapat meningkatkan *heat resistance* aluminium, sehingga paduan aluminium dapat diaplikasikan pada suhu tinggi
5. Mangan (Mn)
   Penambahan mangan pada paduan aluminium dapat meningkatkan mampu lasnya dan meningkatkan tahan korosi dan sifat mudah bentuk.

Klasifikasi aluminium berdasarkan persentase aluminium ada dua, yaitu aluminium murni dan aluminium paduan. Aluminium murni adalah aluminium yang memiliki persentase

aluminium sebesar 99% keatas. Aluminium paduan adalah aluminium yang ditambahkan unsur lain sehingga memperbaiki sifat sifatnya. Kelemahan aluminium paduan adalah ketahan pada kelelahan.

(Ardiansyah 2018)

Aluminium dapat diklasifikasikan berdasarkan paduan utamanya, yaiut : seri 2000 (Paduan Al-Cu), memiliki kekuatan material yang tinggi biasanya digunakan pada industri pesawat, seri 3000 (Paduan Al-Mn) biasanya digunakan pada pembuatan kaleng kemasan, Seri 5000 (Paduan Al-Mg) biasanya digunakan pada industri bangunan, seri 6000 (Paduan Al-Mg-Si) biasanya digunakan menjadi aluminium ekstrusi dan industri bangunan. Seri 7000 (Paduan Al-Zn-Mg) biasanya digunakan pada industri pesawat dan peralatan militer.

(Committee, The Surface Treatment And Finishing of Aluminium And Its Alloys 2011)

2.1.1 Aluminium 6061

Aluminium 6061 adalah paduan aluminium yang memiliki komposisi

Tabel 2.1 Komposisi kimia Aluminium 6061 (Committee, Standard Specification for Aluminum-Alloy 6061-T6 Standard Structural Profiles 2009)

Si	Mg	Fe	Cu	Cr	Zn	Ti	Unsur Lain	Al
0,63	0,98	0,19	0,18	0,05	0,1	0,08	0,15	Balance

Tabel 2. 2 Sifat mekanik aluminium 6061 (Committee, Standard Specification for Aluminum-Alloy 6061-T6 Standard Structural Profiles 2009)

Sifat Mekanik	Nilai
Tensile strength min, ksi [MPa]	38 [260]
Yield strength, min, ksi [MPa]	35 [240]
Elongation min, %	

In 2 in [50mm]	10 [10]
In 4D [5D or 5.56]	10 [9]

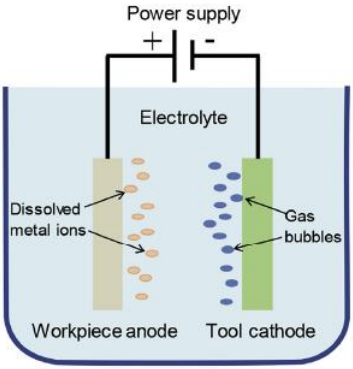
2.2 *Electropolishing*

Electropolish merupakan proses elektrokimia yang bertujuan untuk menghilangkan material metal dari permukaan benda kerja sehingga mendapatkan permukaan yang lebih halus menggunakan proses larutan anodik. *electropolish* banyak digunakan dalam bidang industri, seperti pada industri makanan, kesehatan, farmasi, dan industri semikonduktor. Prinsip kerja *electropolish* berkebalikan dengan electroplating, *electropolish* juga dapat disebut elektrolitik polishing.

(Yang dan Wang 2016)

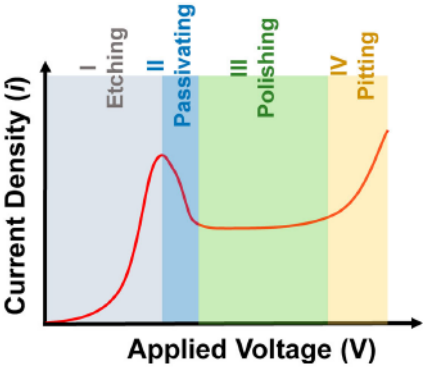
Prinsip kerja *electropolish* adalah metal yang akan di*electropolish* diletakkan pada anoda dan dihubungkan dengan menggunakan arus searah (DC) dengan bagian negatif akan dihuungkan dengan katoda. Rangkaian tersebut kemudian dicelupkan kedalam larutan elektrolit tertentu pada suhu dan tegangan tertentu. Ketika tegangan dialirkan kepada rangkaian, arus mengalir dari anoda ke katoda menghasilkan proses oksidasi pada permukaan metal dan menghilangkan pengotor dari permukaan. Pengotor dari permukaan akan mengendap pada larutan elektrolit. Pada katoda, reaksi reduksi terjadi, dan menghasilkan gas hidrogen. Jumlah dari metal yang keluar atau terkikis dari permukaan tergantung dengan temperatur, reapat arus, dan jenis metal yang akan di poles.

(Han dan Fang 2019)



Gambar 2.1 Proses Elektropolish (Han dan Fang 2019)

Banyak faktor yang harus diperhatikan untuk mengoptimasi proses *electropolishing*, tidak ada parameter yang baku untuk semua proses *electropolishing*. Pertama, larutan elektrolit yang digunakan spesifik untuk setiap proses, pemilihan larutan elektrolit bergantung terhadap anoda yang digunakan. Kedua, parameter proses *electropolish* biasanya dioptimalkan terhadap hubungan arus dan tegangan yang tersedia, dengan spesifik antara electroda dan larutan elektrolitnya.



Gambar 2.2 Kurva hubungan tegangan dan rapat arus untuk elektropolish. (Yang dan Wang 2016)

Pada daerah satu, pada tegangan yang rendah, maka yang terjadi hanya proses etsa pada permukaan logam. Dengan penambahan tegangan listrik yang diberikan, maka proses akan bergerak ke daerah kedua, yaitu terbentuknya lapisan pasif pada permukaan logam. Pada daerah tiga, lapisan pasif yang terbentuk telah stabil, dan anion dilarutkan dari permukaan logam berdifusi melalui lapisan pasivasi. Pada daerah 4 peningkatan tegangan listrik yang diberikan dapat merusak lapisan pasif pada permukaan anodik. Pada daerah ini memungkinkan terjadinya lubang pada metal.

(Yang dan Wang 2016)

Electropolishing pada elektrolit yang berbeda menghasilkan lapisan dengan morfologi yang berbeda bergantung pada elektrolit yang digunakan. Hasil-hasil ini menunjukkan bahwa pemolesan dapat terjadi melalui film yang tidak memiliki struktur umum atau spesifik, kecuali bahwa semuanya menunjukkan tingkat porositas yang lebih besar atau lebih kecil untuk semua film anodik pengerjaan aluminium.

Prinsip kerja elektrokimia ditemukan pada awal abad 19 oleh Faraday. Hukum elektrolisis didirikan pada tahun 1833, yang membentuk dasar dari metode elektrodeposisi dan disolusi. Prinsip-prinsip elektrolisis (Hukum Faraday) menentukan bahwa metode *electropolish* sangat berbeda dari teknik finishing mekanis tradisional, seperti memotong, menggiling, menggiling, dan menggosok sebagai hasil akhir, karena *electropolish* adalah proses yang bebas kontak dan bebas kerusakan.

Fenomena pemolesan ditandai oleh pengurangan kekasaran material, tidak adanya kerusakan pada kristalografi dan batas butir, dan menghasilkan produksi permukaan yang halus dan cerah. Biasanya, benda kerja direndam dalam bak elektrolit dan berfungsi sebagai anoda. Anoda tersebut dihubungkan ke bagian positif dari catu daya DC / AC, di mana bagian negatif melekat pada katoda. Arus mengalir dari anoda, di mana logam pada permukaan dilarutkan ke dalam elektrolit, ke katoda.

(Han dan Fang 2019)

2.3 Anodisasi

Anodizing merupakan proses dengan menggunakan prinsip dasar elektrolisis untuk pembentukan lapisan oksida pada suatu permukaan secara terkontrol melalui proses aerasi sehingga terbentuk lapisan oksida yang berpori. (Muafa 2018)Lapisan anodik dapat menjadi kunci dalam proses pewarnaan dan perlakuan pasivasi pada permukaan logam. Proses *Anodizing* atau anodisasi biasanya dipakai pada logam aluminium, namun proses ini juga sering dipakai terhadap logam logam lainnya, yaitu tembaga, kadmium, magnesium, seng, titanium, tantalum, niobium, zirconium, dan logam lainnya. (Gabe 1978).

Beberapa tujuan dilakukan andosisasi pada logam adalah :

1. Meningkatkan ketahanan korosi.
2. Memberikan dekorasi pada penampilan permukaan substrat
3. Meningkatkan ketahanan abrasi
4. Meningkatkan adhesi dari cat.

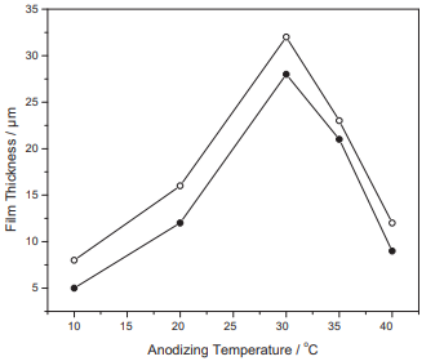
(Sakti 2020)

Proses anodisasi memiliki prinsi yang hampir sama dengan proses pelapisan (electroplating). Perbedaan antara kedua proses tersebut adalah logam yang akan di anodisasi, diletakkan pada anoda (kutub positif)didalam larutan elektrolit. Perbedaan lainnya adalah larutan yang digunakan pada proses anodisasi adalah larutan elektrolit yang besifat asam, dan arus yang digunakan adalah arus searah (Direct Current).

Faktor yang mempengaruhi anodisasi adalah :

1. Temperatur

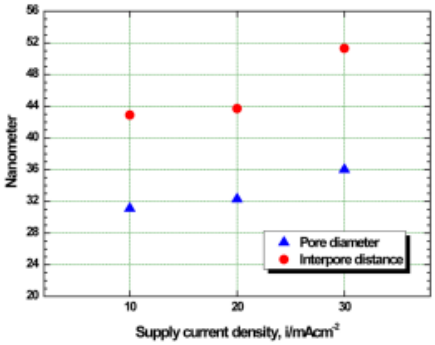
   Temperatur sangat penting untuk menyeleksi cocoknya jalan reaksi dan melindungi pelapisan.



Gambar 2.3 Pengaruh Temperatur Anodisasi Terhadap Tebal Lapisan Oksida. (Theohari dan Kontogeorgou 2013)

2. Kerapatan Arus

Kerapatan arus adalah besarnya arus yang mengalir pada material bahan tiap satuan luas permukaan bahan. Nilai kerapatan arus, mempengaruhi waktu pelapisan dan ketebalan lapisan



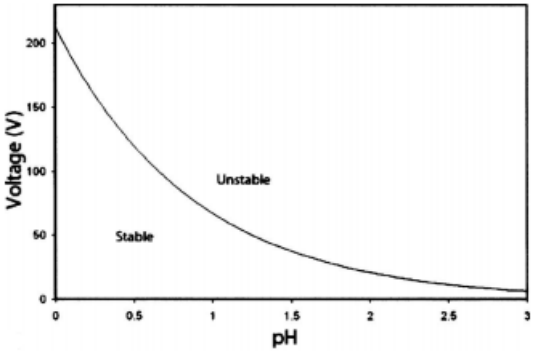
Gambar 2.4 Pengaruh Rapat Arus Terhadap Ukuran Pori Lapisan Oksida Pada Proses Anodisasi. (Lee dan Kim 2016)

3. Nilai pH

Derajat keasaman (pH) merupakan faktor yang penting dalam mempengaruhi elektrolit. (Santhiarsa dan Nitya 2010).

Menurut Adam L pada tahun 2007, pengaruh pH pada diameter pori dapat dituliskan pada persamaan :

$$d = \frac{2.96V}{2.31-1.19pH} \quad \text{.....1)}$$

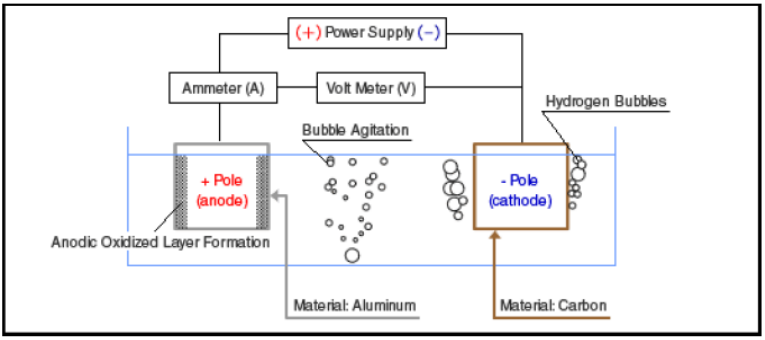


Gambar 2.5 Pengaruh Ph Terhadap Voltase Yang Digunakan Pada Kestabilan Reaksi Pada Proses Anodisasi. (Friedman, Brittain dan Menon 2007)

Komponen anodisasi ada tiga yaitu :Elektroda. Elektroda adalah sebuah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan bagian non logam dari sebuah rangkaian arus. Pada anodisasi aluminium, biasanya elektroda yang digunakan adalah elektroda inert, seperti : karbon, platina. Elektron dalam sebuah elektroda dapat dibagi menjadi katoda dan anoda. Anoda adalah elektroda tempat terjadinya reaksi reduksi dikarenakan elektron memasuki sel.Elektrolit.

Elektrolit adalah suatu senyawa yang bila dilarutkan kedalam pelarut dapat menghantarkan arus listrik. Elektrolit dapat dikelompokkan berdasarkan kemampuan untuk menghantarkan arus listrik. Elektrolit dapat dibagi dua, yaitu elektrolit kuat, dan elektrolit lemah. Contoh larutan elektrolit kuat adalah asam klorida (HCl), asam sulfat (H_2SO_4), dan asam nitrat (HNO_3). Contoh larutan elektrolit lemah adalah asam cuka encer (CH_3COOH), aluminium hidroksida, kalium karbonat.

Elektrolisis adalah proses kimia yang mengubah energi listrik menjadi energi kimia. Sel elektrolisis adalah sel elektrokimia yang menimbulkan reaksi redoks yang tidak spontan karena adanya energi listrik dari luar.

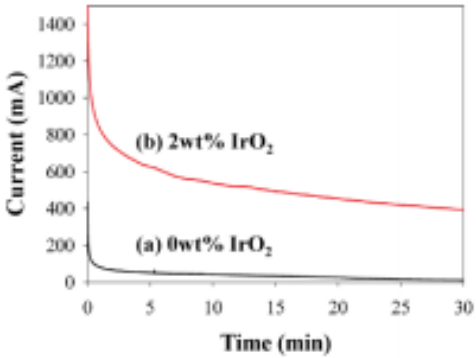


Gambar 2.6 Skema Pelaksanaan anodisasi (Altama 2017)

Faktor yang mempengaruhi sel elektrolisis antara lain adalah:

1. Adanya katalisator.

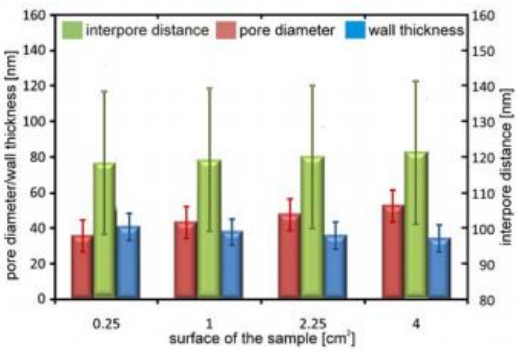
   Penggunaan katalisator berfungsi untuk mempermudah proses penguraian air menjadi hidrogen dan oksigen karena ion ion katalisator ampu mempengaruhi kestabilan molekul air menjadi molekul hidrogen dan oksigen.



Gambar 2.7 Pengaruh Penambahan Katalisator Terhadap Rapat Arus yang dibutuhkan untuk terjadinya reaksi pada proses elektrolisis. (Jang dan Kim 2010)

2. Luas permukaan yang tercelup.

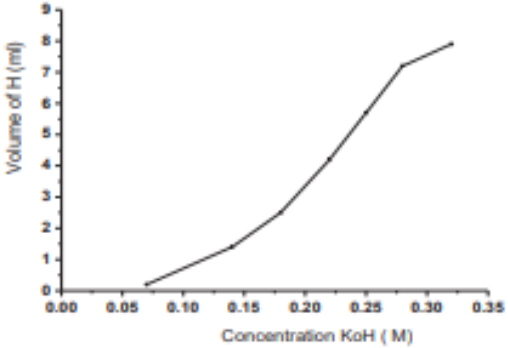
   Semakin banyak luas permukaan yang tercelup, maka banyak area yang harus dilakukan proses elektrolisis



Gambar 2.8 Pengaruh Luas Permukaan yang tercelup terhadap tebal lapisan yang terbentuk. (Zaraska, et al. 2013)

3. Konsentrasi larutan.

Semakin besar konsentrasi larutan elektrolit, maka akan semakin cepat laju reaksinya, dikarenakan katalis untuk merubah air menjadi hidrogen dan oksigen menjadi lebih banyak. (Istomo 2017)



Gambar 2.9 Pengaruh konsentrasi larutan terhadap proses elektrolisis. (Mohammed dan Ali 2019)

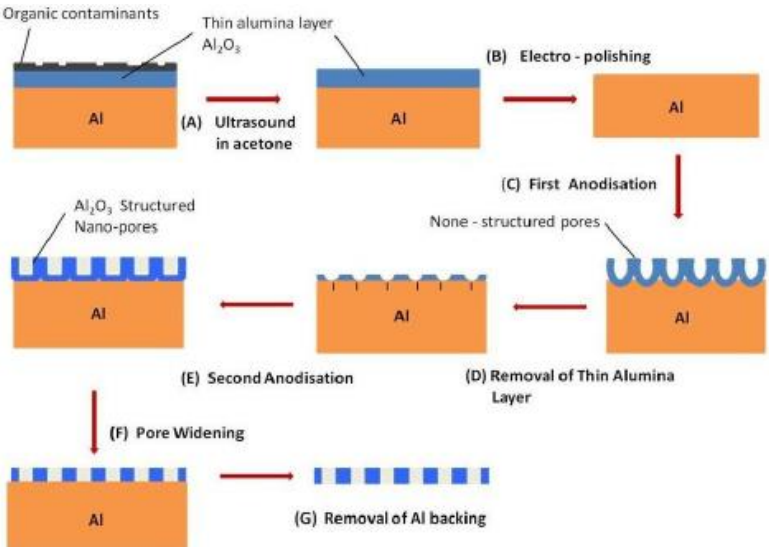
Ada beberapa jenis anodisasi pada aluminium, seperti :

a. *One step or mild anodization*.

Proses anodisasi dengan menggunakan satu tahap anodisasi, menghasilkan pori alumina yang tipis.

b. *Two step anodization.*

Proses anodisasi dengan menggunakan dua tahap anodisasi dengan tujuan tahap kedua untuk mempertebal lapisan alumina yang terbentuk. Diantara proses anodisasi yang pertama dan kedua terdapat tahap tambahan yaitu membersihkan lapisan alumina sehingga menghasilkan aluminum dengan *pattern* pori, sehingga pada anodisasi kedua alumina yang terbentuk lebih tebal daripada anodisasi 1 tahap.



Gambar 2.10 Hasil Anodisasi Tahap Pertama.
(Gujela, Gujela dan Gayatri 2016)

c. Hard anodization

Proses anodisasi dengan menggunakan asam sulfat pada temperatur rendah dan rapat arus yang tinggi. Menghasilkan proses anodisasi yang cepat dengan ketebalan aluminium oksida yang tebal.

d. Pulse anodization
e. Plasma anodization

(Woo Lee 2006)

Beberapa larutan yang dapat digunakan menjadi larutan elektrolit anodisasi :

1. Menggunakan asam kromat (CrO_3) sebagai elektrolit, akan menghasilkan lapisan oksida yang relatif tipis, fleksibel, serta tahanan terhadap korosi yang baik.

Konsentrasi asam kromat yang digunakan sekitar 2% hingga 15%

2. Menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) sebagai elektrolit, akan menghasilkan lapisan oksida yang relatif lebih tebal dan relatif lebih baik dibandingkan dengan menggunakan asam kromat. Konsentrasi yang digunakan sekitar 8% hingga 35%.
3. Menggunakan asam sulfat dengan menggunakan temperatur rendah antara -5ºC hingga 10ºC, dengan konsentrasi larutan 15% hingga 35%. Tipe ini termasuk hard anodisasi. Lapisan oksida yang dihasilkan relatif lebih tebal dan lebih baik dibandingkan menggunakan asam kromat dan asam sulfat pada temperatur kamar.
4. Menggunakan elektrolit campuran asam sulfat (H_2SO_4) dan asam oksalat ($H_2C_2O_4$), menggunakan konsentrasi larutan asam sulfat sebesar 15-20% dan konsentrasi asam oksalat sebesar 10%.

2.4 Aluminium Oksida Anodik

Aluminium oksida anodik merupakan material yang memiliki lubang berukuran nano yang terbentuk secara sendir dengan menggunakan proses anodisasi. Penggunaan AAO meningkat seiring peningkatan teknologi nano. Reaksi kimia terbentuknya AAO dapat di jelaskan sebagai berikut :

a. Al^{3+} ion terbentuk pada permukaan metal

$$Al \rightarrow Al^{3+} + 3e$$

b. Elektrolisis air terjadi pada dasar pori dekat antarmuka elektrolit / oksida

$$2H_2O \rightarrow 2O^2 + 4H^+$$

c. Karena medan listrik, ion O^{2-} bermigrasi di dalam lapisan penghalang dari antarmuka elektrolit / oksida ke antarmuka oksida / logam, dan bereaksi dengan ion Al^{3+} di sana, membentuk Al_2O_3

$$2Al^{3+} + 3O_2 - \rightarrow Al_2O_3$$

Aluminium oksida anodik memiliki titik leleh yang lebih rendah dari alumina, dikarenakan aluminium oksida anodik memiliki lubang pada strukturnya

(Hun, Chiu dan Luo 2018)

Pada dasarnya, anodisasi pada aluminium dapat dibagi menjadi dua tipe berdasarkan lapisan oksida yang dihasilkannya, yaitu :

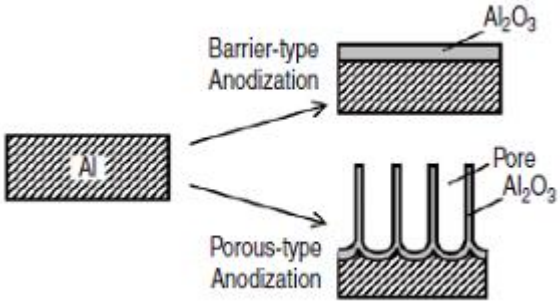
1. Non porous aluminium oxide.

   Merupakan proses anodisasi yang menghasilkan lapisan oksida aluminium yang berbentuk padat, tidak berpori. Menggunakan larutan pada pH normal sebagai larutan elektrolitnya.

2. Porous aluminium oxide

   Merupakan proses anodisasi yang menghasilkan lapisan oksida aluminium yang berbentuk padatan dengan memeiliki rongga berukuran nano. Menggunakan larutan dengan pH asam sebagai larutan elektrolitnya.

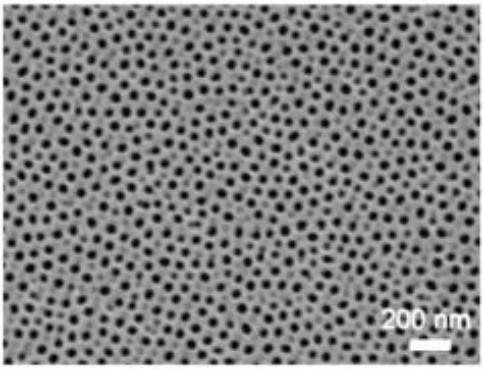
(W. Lee 2017)



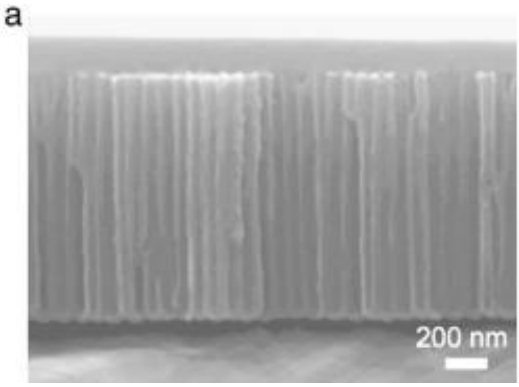
Gambar 2.11 tipe lapisan aluminium oksida (W. Lee 2017)

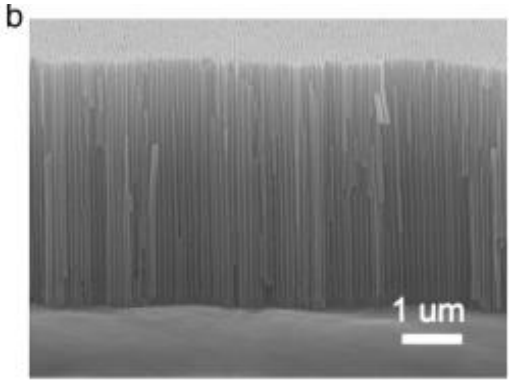
Membran aluminium oksida anodisasi berpori terdiri dari unit sel heksagonal. Setiap unit terdiri 3 bagian, yaitu :

1. Lapisan heksagonal bagian dalam. Biasanya disebut "Skeleton", terbentuk dari dinding bagian dalam pada unit sel biasa.
2. Lapisan luar. Lapisan yang berada diantara apisan dalam dengan bagian tengah pori.
3. Batang intersisi pada dalam lapisan bagian dalam,



Gambar 2.12 Hasil SEM Permukaan AAO (Chung, et al. 2011)





Gambar 2.13 Bagian melintang Aluminium Oksida Anodisasi (Losic dan Santos 2019)

Tabel 2.2 Ketebalan Lapisan Aluminium Oksida (Committee, The Surface Treatment And Finishing of Aluminium And Its Alloys 2011)

Asal	Ketebalan
Lapisan oksida alami pada temperatur dibawah 300°C	1-3nm
Lapisan oksida alami pada temperatur diatas 300°C	< 30nm
Lapisan oksida alami pada paduan Al-Mg pada temperatur diatas 300°C	<3µm
Lapisan oksida dari pelapisan oksidasi kimia	2.5-5µm
Lapisan oksida dari anodisasi	0,25-0,75µm
Lapisan oksida dari proteksi anodisasi	5-30 µm
Lapisan oksida pelapisan anodisasi cepat	25-150 µm

Terdapat beberapa teori yang mendukung proses pembentukan pori pada aluminium oksida, yaitu :

1. The Joule Heat Model

   Pada awal 1950-an, Kelle et al. telah membahas mekanisme pertumbuhan alumina berpori. Mereka percaya bahwa oksidasi anodik awalnya membentuk lapisan seragam dan penghalang padat. Ketika dilarutkan pada titik tertentu, ketebalan lapisan oksida akan menyusut, di mana arus mencapai di sana untuk mencoba memperbaiki penurunan ketebalan lapisan oksida di sini, menghasilkan peningkatan suhu lokal, sehingga pembubaran laju alumina menjadi lebih cepat dan akhirnya mengarah pada pembentukan pori-pori. Ini adalah model 'Joule Heat' yang asli.

   Faktanya, panas *Joule* yang dihasilkan selama oksidasi anodik tidak memainkan peran utama dalam reaksi, tidak sulit untuk dipahami, karena setiap perubahan dalam kondisi suhu elektrolit akan membuat parameter alumina dari perubahan penting. Pada saat yang sama, ketidakpastian pembubaran titik tertentu dalam model juga membatasi pengembangan model ini

2. The Field- Asissted Dissolution (FAD)

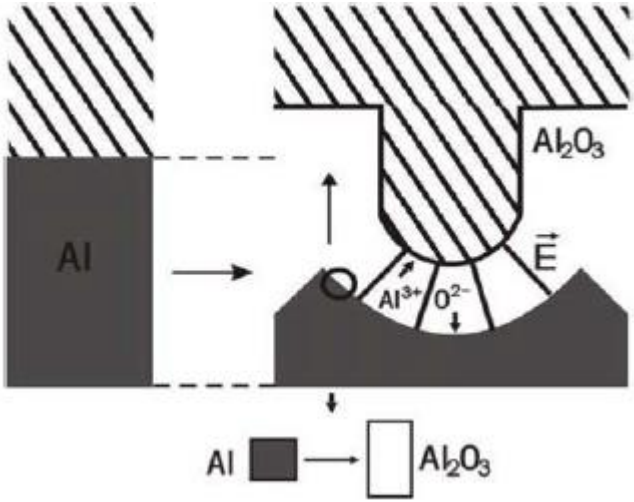
   Wood dari University of Manchester mengemukakan model pertumbuhan pori dibantu medan listrik yang lebih populer dikombinasikan dengan berbagai metode penelitian. Model ini menunjukkan bahwa proses oksidasi anodik aluminium mencakup tiga tahap utama: pembentukan lapisan penghalang, penghilangan lapisan 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, menghasilkan temperatur yang tinggi pada bagian tertentu, dan mempercepat proses penghilangan lapisan penghalang. Sementara proses sedang terjadi, lapisan penghalang dan antarmuka film Al mulai membentuk lapisan penghalang baru. Akhirnya, laju disolusi dan laju pertumbuhan lapisan penghalang akan mencapai kesetimbangan dinamis dan memasuki tahap pertumbuhan yang stabil dari lapisan berpori.

3. The Bulk Expansion Stress Model

Pada tahun 1998 muller melakukan penelitian terkait pertumbuhan pori pada oksidasi aluminium oksida. Model ini berguna untuk menjelaskan film alumina berpori yang ideal dan pembentukan pengaturan teratur heksagonal. Model ini menunjukkan bahwa, dalam proses oksidasi steady-state, volume Al teroksidasi menjadi Al2O3 lebih besar daripada Al yang setara, sehingga setiap lubang dalam proses setiap lubang memiliki tekanan pada sekitarnya karena ekspansi volume . Namun pertumbuhan lubang yang diatur sendiri secara heksagonal membuat energi sistem menjadi yang terendah dan struktur yang paling stabil.



Gambar 2.14 proses pembentukan pori bulk expansion stress model (Lv 2017)

4. The steady state pore growth model

   Parkhutik mengusulkan model mekanisme pertumbuhan pori berdasarkan kondisi arus yang diamati dalam percobaan, yang menunjukkan bahwa pembentukan pori-pori dibagi menjadi empat langkah:

   a. Setelah daya menyala, di permukaan Al akan membentuk lapisan oksida, yang ketebalannya ditentukan oleh tegangan (1.4nm / V);
   b. Di beberapa tempat dalam film oksida, alumina larut, yang mengarah pada pembentukan saluran, sehingga ion oksigen dapat ditransfer melalui lapisan penghalang dan reaksi logam, yaitu proses nukleasi lubang;
   c. Beberapa saluran dalam proses elektrolisis akan membentuk saluran pori dalam kompetisi, yang akan menjadi lebih besar dan lebih dalam;
   d. Pembentukan pori yang stabil.

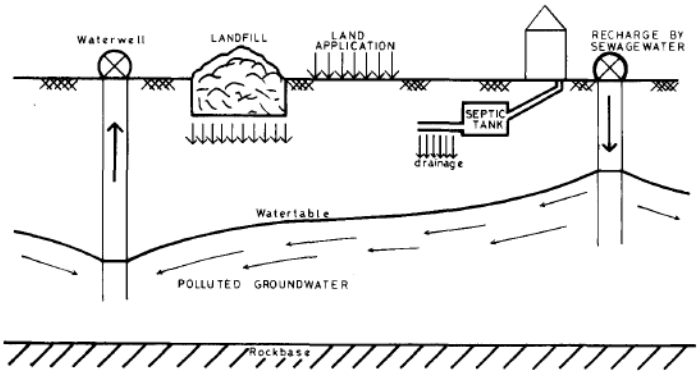
Bahkan, proses pertumbuhan pori-pori adalah proses di mana oksida terbentuk pada permukaan logam dan dilarutkan pada antarmuka solusi. Proses disolusi oksida ditingkatkan oleh medan listrik di pori-pori dan induksi ion hidrogen dalam larutan

(Lv 2017)

2.5 Pengolahan Air Tanah

Air bersih selalu penting bagi kehidupan manusia dan menjadi lebih penting saat ini karena banyak industri modern membutuhkan air bersih dalam proses pembuatannya, seperti makanan, obat-obatan, energi, semikonduktor, dan sebagainya. Dengan demikian, meningkatnya permintaan air bersih telah membawa berbagai penelitian tentang pemurnian air. Air tanah merupakan sumber penting air minum; namun kualitasnya saat ini terancam oleh kombinasi faktor-faktor seperti pencemaran kimia dan mikrobiologis yang berlebihan, dll. Kualitas air tanah di beberapa bagian negara, terutama air tanah dangkal, dianggap berubah karena aktivitas manusia. Air tanah kurang rentan terhadap pencemaran bakteri dibandingkan dengan air permukaan yang menyuburkan tanah dan batu yang melaluinya air tanah menyaring sebagian besar bakteri. (Weerasinghe, et al. 2006)

Konsentrasi dari metal berat dan pengotor lainnya dalam air minum dapat dikurangi dengan beberapa cara, yaitu: pertukaran ion pada resin polimer, adsorption, reverse osmosis, dan electro dialisis. Metode yang paling efektif adalah adsorpsi. Salah satu material yang digunakan pada adsorbsi adalah aluminium oksida, karena mudah dibentuk dengan kualitas tinggi. (Rabia, Ibrahim dan Zulkepli 2018). Menurut Weimin Xie pada jurnal tahun 2005 salah satu kelebihan aluminium oksida sebagai material penyaringan air adalah karena kelimpahan sumber daya di alam, biaya yang murah dan kapasitas yang besar. (Xie, Wang dan Ma 2005).



Gambar 2.15 Skema pencemaran air tanah (Corapcioglu dan Haridas 1984)

Air dapat terkontaminasi oleh hal berikut:

1. Patogen - organisme penyebab penyakit yang mencakup bakteri, amuba dan virus, serta telur dan larva cacing parasit.
2. Bahan kimia berbahaya dari aktivitas manusia (limbah industri, pestisida, pupuk).
3. Bahan kimia dan mineral dari lingkungan alami, seperti arsenik, garam biasa dan fluorida. Beberapa kontaminan tidak berbahaya dapat mempengaruhi rasa, bau, warna atau suhu air, dan membuatnya tidak dapat diterima oleh masyarakat.

(Fewtrell dan Bartram 2001)

Proses pengolahan air terdiri dari beberapa tahap, yaitu : intake, pumping, pre sedimentaton, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, adsorbsi, desinfeksi, penyimpanan, dan memompa untuk mengolah air untuk dikonsumsi.

1. Intake

   Fungsi dasar dari struktur intake adalah untuk membantu menarik air dari sumber air dengan aman dan untuk membuang air ini ke saluran penarikan di mana ia mengalir hingga tempar proses pengolahan air.

2. Koagulasi

Koagulasi adalah proses penambahan koagulan ke dalam air untuk mengganggu kestabilan suspensi koloid. Bahan kimia koagulan dengan muatan yang berlawanan dengan padatan tersuspensi ditambahkan ke air untuk menetralisirnyamuatan negatif pada padatan yang tidak dapat diatur. Setelah muatan dinetralkan, partikel-partikel kecil yang ditangguhkan mampu saling menempel. Partikel yang sedikit lebih besar ini disebut mikroflok. (N.B.Prakash, 2008)

Koagulan yang biasa digunakan pada proses pengolahan air adalah aluminium sulfat, feri sulfat, fero sulfat dan PAC. (Risdianto, 2007)

3. Flokulasi

Flokulasi merupakan proses pembentukan flok. Flok menrupakan pengelompokan/ aglomerasi antara partikel dengan koagulan dengan menggunakan proses pengadukan secara pelan. Pada proses flokulasi terjadi penggabungan beberapa partikel menjadi flok yang berukuran besar sehingga partikel mudah diendapkan. (Risdianto, 2007)

4. Sedimentasi.

Proses sedimentasi merupakan proses pengendapan partikel hasil flokulasi pada bagian dasar air dengan menggunakan grafitasi.

5. Filtrasi

Filtrasi bertujuan untuk menghilangkan padatan tersuspensi yang tidak dihilangkan dalam unit sedimentasi atau ketika penghilangan partikel-partikel ini membutuhkan waktu lama.

Pada proses filtrasi pada pengolahan air, dapat menggunakan beberapa jenis media filtrasi, yaitu :

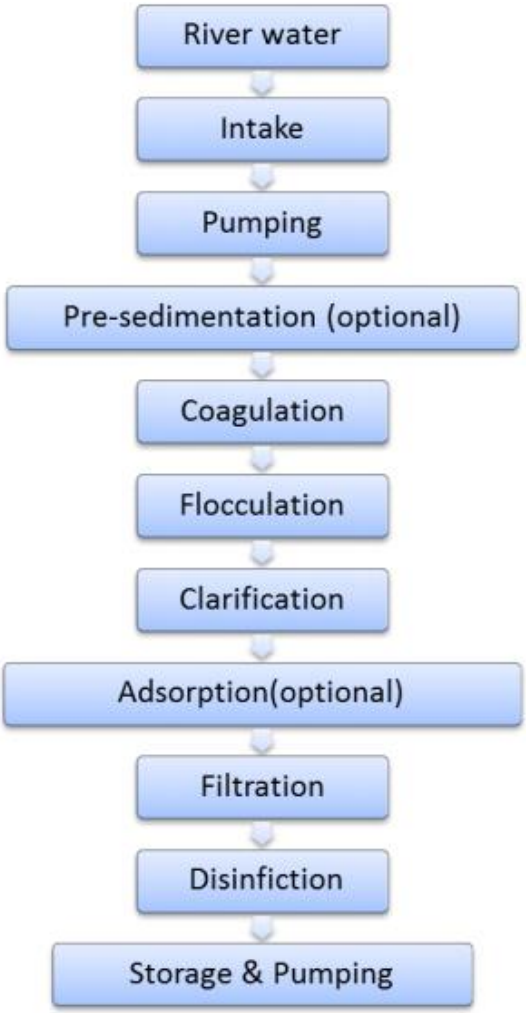
1. Microfiltrasi

Memiliki ukuran pori pada rentang 50-10000nm, memiliki water permeability sebesar >500 l/m^2 h bar

Biasa digunakan pada proses penghilangan kekeruhan dan patogen.

2. Ultrafiltrasi
   Memiliki ukuran pori sebesar 1-100nm, memiliki water permeability sebesar 200-500 l/m^2 h bar
   Digunakan pada proses rasa/ bau dan sisa organik
3. Nanofiltrasi
   Memiliki ukuran pori sebesar >2nm, dan memiliki water permeability sebesar 5-50 l/m^2 h bar
   Digunakan pada proses penghilangan bakteri dan penghilangan bau/ rasa
4. Reverese Osmosis
   Memiliki ukuran pori dibawah 2nm, dan memiliki water permeability sebesar 0,5-10 l/m^2 h bar
   Digunakan pada proses penghilangan ion ion terlarut, dan molekul sangat kecil, kadar garam.

6. Adsorbsi
   Karbon aktif digunakan untuk menghilangkan warna dan rasa dalam air, menghasilkan keberadaan gas terlarut. Ini juga keropos dan memiliki banyak atom karbon dengan valensi bebas. Selain itu, tersedia dalam bentuk butiran atau bubuk. (Shuokr Qarani Aziz, 2019)



Gambar 2.16 Skema proses pengolahan air (Aziz dan Mustafa 2019)

Salah satu metode penyaringan air adalah menggunakan material berpori. Terdapat 2 faktor yang mempengaruhi metode penyaringan air menggunakan material berpori, yaitu :

1. Straining.

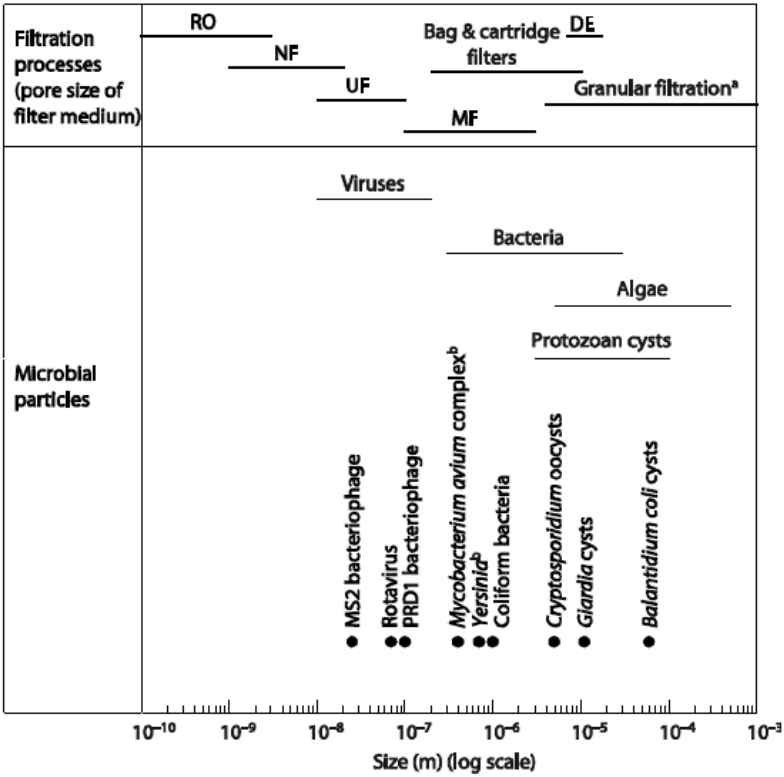
   Faktor ini mempengaruhi bagaimana bakteri tidak dapat masuk melalui pori pori yang lebih kecil daripadanya. Faktor yang mempengaruhi straining adalah filter media. Ukuran sel bakteri, bentuk bakteri, tingkat kejenuhan air, dan penyumbatan pada media filter.

   Grain size pada material berpori, merupakan faktor penting pada pemilihan proses penyaringan. Dikarenakan keefektifan, maka diameter pori harus lebih kecil dari 1,5 bakteri. Sesuai dengan persamaan :

$$\eta_{sg} = \frac{d_p}{F_s \; x \; d_k} \geq 1{,}5$$

Dimana : η_{sg} = faktor keamanan
d_p = diameter mikobakteria
F_s = faktor transit empiris
d_k = 0,2 dari diameter pori

   Ukuran dan bentuk bakteri dapat mempengaruhi transportasi mereka melalui media berpori. sel yang lebih besar diasumsikan dihilangkan dengan lebih efektif melalui penyaringan.



Gambar 2.17 Ukuran Diameter Pori Pada Media Filtrasi Dan Ukuran Partikel Mikroba. (Fewtrell dan Bartram 2001)

2. Adsorpsi

Untuk material berpori yang lebih besar ukurannya daripada ukuran mikroba, faktor yang lebih berpengaruh adalah adsorpsi. Faktor yang mempengaruhi adsorbsi adalah material yang digunakan, adanya bahan organik pada material yang digunakan, biofilm, temperatur, kecepatan laju air, ionic strength, pH, hidrofobik.

Keragaman ukuran, tekstur permukaan, dan muatan media berpori, sangat memengaruhi proses pelekatan. Ukuran partikel yang lebih kecil memperlihatkan area permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan partikel kasar, karenanya memberikan lebih banyak area adhesi.

Kekasaran permukaan suatu media dapat meningkatkan adsorpsi sebagai akibat dari berkurangnya gaya geser sehingga menurunkan laju desorpsi dan meningkatkan area substratum.

Pada proses penyaringan air menggunakan material berpori aluminium oksida, agar tidak terjadi kerusakan pada material berpori maka dilakukan pengaturan laju aliran dengan menggunakan Hagen-Poiseuille Law

$$V = (\pi r^4 \Delta p) x (8\eta\, l)^{-1}$$

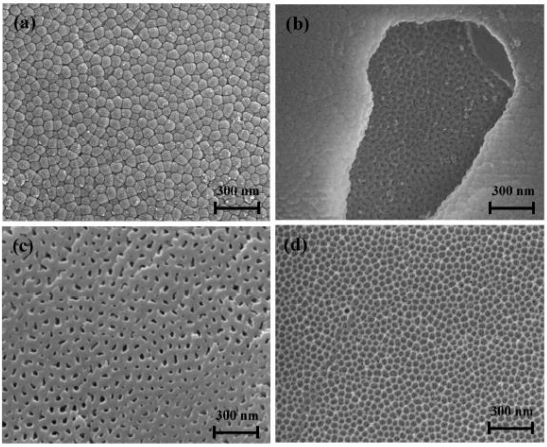
Dimana : V = Volumetric Flow Rate (m^3/s)
r = Radius (m)
Δp = Transmembrane pressure diference
l = panjang lapisan/tebal lapisan
η = viskositas

(Thorman, et al. 2007)

2.6 Penelitian Sebelumnya

Chien wan thun, pada jurnal “A New Technique For Batch Production Of Tubular Anodic Aluminium Oxide Films For Filtering Application” pada tahun 2018 menggunakan aluminium 6061 sebagai material Aluminium oksida anodik. Sebelum melakukan anodisasi, aluminium 6061 dilakukan perlakuan panas anealling untuk menghilangkan tegangan sisa selama 1 jam pada temperatur 300ºC. proses selanjutnya adalah elektropolishing dengan menggunakan asam perklorat ditambah aditif etilen glikol

butil eter yang dilarutkan dalam etanol dengan komposisi 15:15:70. Lalu dilakukan anodisasi dengan 2 tahap. Tahap pertama dilakukan anodisasi dengan larutan asam oksalat dengan konsentrasi 0,3M selama 1 jam pada temperatur 10°C. setelah anodisasi pertama, dilakukan pembersihan layer oksida dengan mlarutan asam fosfor, yang diberi aditif kromium trioksida, dengan persentase 1,8 :6. Langkah selanjutnya adalah anodisasi kedua dengan larutan yang sama dengan anodisasi pertama selama 5 jam.. Hasil penelitian chen menunjukkan. AAO film dengan ketebalan 100µm dengan ukuran diameter lubang sebesar 10nm. (Hun, Chiu dan Luo 2018)

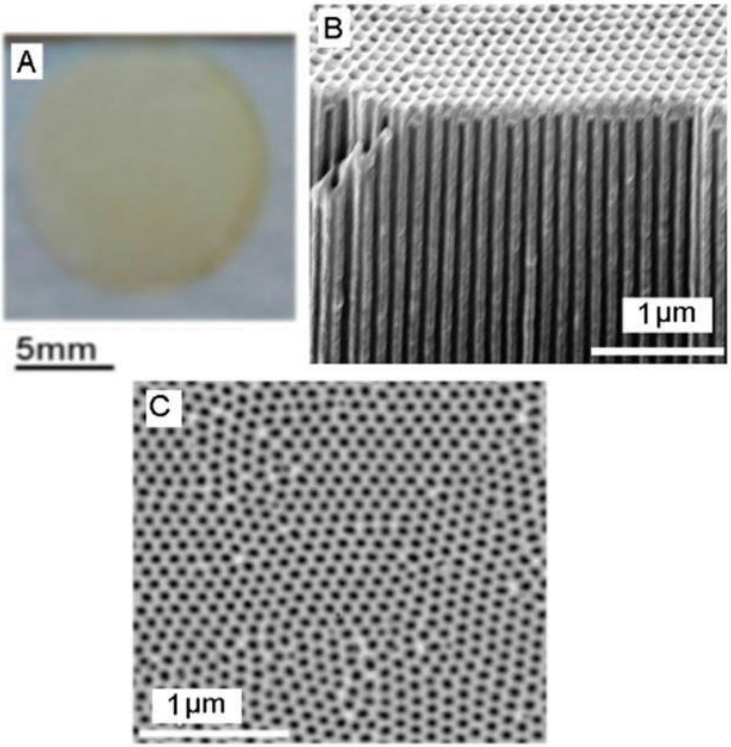


Gambar 2.18 Hasil SEM pada penelitian Chien Wan Thun (Hun, Chiu dan Luo 2018)

Youngdeuk Kim pada jurnal "Capacitive humidity sensor design based on anodic aluminum oxide" pada tahun 2009 melakukan anodisasi pada aluminium untuk menghasilkan aluminium oksida anodik dengan menggunakan aluminium murni dengan konsentrasi 99,999%, yang di elektropolish dalam larutan asam perklorat dan etanol dengan perbandingan 1:4 pada 7°C selama 5 menit untuk menghilangkan pengotor pada permukaan. Lalu dilakukan anodisasi dengan meletakkan aluminium tadi sebagai anoda dan karbon sebagai katoda. Anodisasi pertama

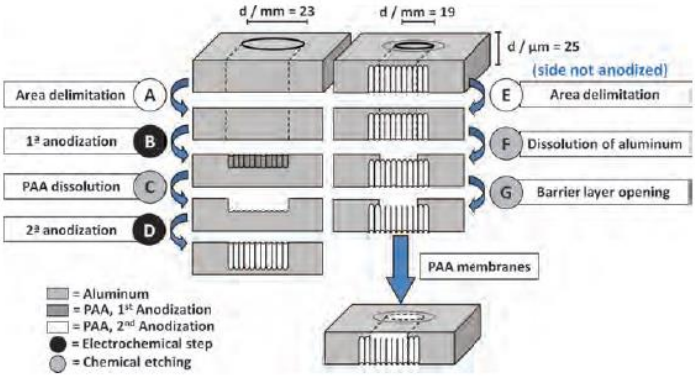
dilakukan dengan elektrolisis pada larutan asam oksalat dengan konsentrasi 0,3M pada 15ºC selama 8 jam pada tegangan 40 Volt. Setelah itu alumina pada permukaan dibersihkan dengan larutan etsa aluminium (1,8% cromium acid dan 6% asam fosfor).pada temperatur 65ºC selama 6 jam, lalu dilanjutkan dengan anodisasi kedua dengan parameter yang sama dengan anodisasi pertama. Penelitian ini menghasilkan ketebalan lubang 30µm dengan diameter lubang 80nm. (Kim, Jung dan Lee 2009)

Viswanathan S. Saji, dkk pada tahun 2015 melakukan penelitian terhadap aluminium anodisasi oksida dengan judul "Localized drug delivery of selenium (Se) using nanoporous anodic aluminium oxide for bone implants" pada penelitian tersebut aluminium anodisasi oksida akan digunakan untuk mengantarkan obat Selenium (Se). Aluminium anodisasi oksida pada penelitian ini bertujuan untuk mengantarkan selenium agar sesuai dengan dosis dan langsung ke bagian yang ingin di implan. Pada penelitian ini menggunakan material aluminium dengan kemurnian 99,7% dengan ketebalan 0,75mm. Penelititan ini menggunakan larutan anodisasi asam oksalat 0,3M. Anodisasi pertama dilakukan pada 40 volt selama 20 jam pada temperatur 6ºC. Setelah anodisasi pertama, dilakukan proses penghilangan lapisan Al_2O_3 untuk dapat melakukan anodisasi kedua. Anodisasi kedua dilakukan pada temperatur dan tegangan yang sama selama 3 jam. Setelah dilakukan proses anodisasi, dilakukan proses memperbesar pori selama 15 menit. Pada penelitian ini didapatkan hasil spesimen dengan ketebalan <10µm dan diameter pori <70nm dengan pengujian SEM. (Saji, Kumeria dan Gulati 2015)



Gambar 2.19 A. Tampak luar spesimen AAO, B. Penampang melintang AAO,C. permukaan AAO. (Saji, Kumeria dan Gulati 2015)

Pada tahun 2015, Alexsandro Mendes Zimer melakukan penelitian pada penggunaan aluminium oksida pada penyaringan bakteri E.coli dengan menggunakan anodik aluminium oksida pada jurnal "Optimized Porous Anodic Aluminium Membrane for Water Ultrafiltration of Pathogenic Bacteria. Pada penelitian tersebut, Alexsandro menggunakan Aluminium 1050 (99,5% Aluminium) sebagai material dasar pembuatan aluminium oksida dengan ketebalan 25µm.



Gambar 2.20 Skema Pembentukan membran AAO (Zimer, Machado dan Júnior 2015)

Penelitian tersebut menggunakan larutan oxalic acid dan phosporic acid sebagai larutan elektrolitnya. Anodisasi dilakukan dengan menggunakan two step method, dengan menggunakan 1 jam untuk waktu anodisasi pertama dan 1,5jam untuk anodisasi kedua untuk larutan oxalid acid dan 2,5 jam untuk larutan elektrolit phosporic acid. Pada penelitian tersebut menghasilkan membran aluminium oksida dengan ukuran pori sebesar 54nm, 121nm, 192nm. ketebalan lapisan yang didapatkan adalah 2,8µm, 7,7µm, 7,9µm, dan 9,3µm. Hasil pada penelitian tersebut digunakan untuk menyaring bakteri E.coli pada air minum. Ukuran bakteri yang digunakan adalah 0,5*2µm. Pada percobaan penyaringan air didapatkan hasil bahwa 100% rejection rate bakteri pada hasil penyaringan pada setiap ukuran diameter pori.

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bahan Penelitian

Pada Penelitian ini bahan yang digunakan adalah

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

6. Gelas ukur
   Digunakan untuk mengukur larutan yang digunakan pada proses anodisasi
7. Pipet
   Digunakan untuk meningkatkan ketelitian jumlah larutan yang dimasukkan pada proses anodisai
8. Timbangan digital
   Digunakan untuk menimbang bahan yang digunakan pada proses anodisasi
9. *Water cooler*
   Digunakan untuk mengontrol temperatur berada dibawah temperatur ruangan
10. *Scanning Electron Microscope*

3.3 Metode Penelitian

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

3.3.1 Menghilangkan Tegangan Sisa

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

3.3.2 *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.

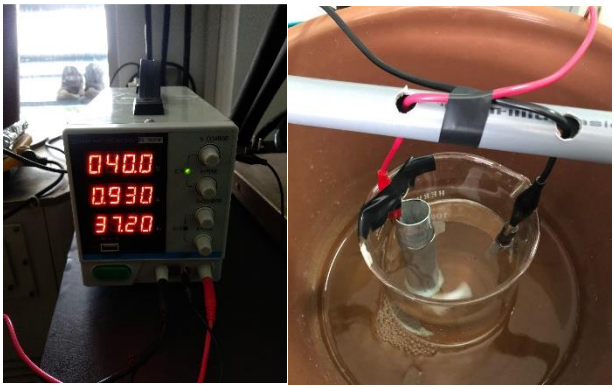
3.3.3 *Electrolytic Polishing*

Setelah permukaan halus, maka dilakukan elektrolit polishing untuk menghilangkan kotoran pada permukaan dan untuk mengurangi adanya goresan pada permukaan.

Gambar 3.1 Rangkaian Alat Electropolishing

3.3.4 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 3.2 Rangkaian Alat Anodisasi Pertama

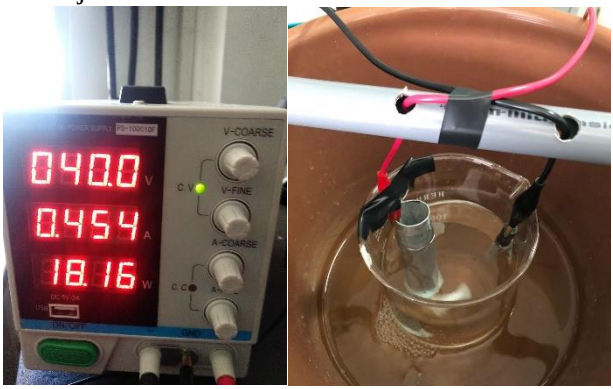
3.3.5 Melepas Lapisan Aluminium Oksida Pada Anodisasi Pertama

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 3.3 Rangkaian Alat Removal Alumina

3.3.6 Anodisasi Kedua

Proses anodisasi kedua menggunakan larutan yang sama dengan proses anodisasi pertama. Perbedaan proses anodisasi kedua dengan pertama adalah waktu yang digunakan, waktu yang digunakan pada proses anodisasi kedua lebih lama dibandingkan anodisasi pertama. Hal tersebut dikarenakan pada proses anodisasi kedua, dibutuhkan untuk membuat lapisan pasif pada permukaan yang telah dilepas lapisan pasifnya dengan menambah kedalam lapisan pasifnya. Waktu yang digunakan pada proses anodisasi kedua adalah 5 jam.



Gambar 3.4 Rangkaian Alat Anodisasi Kedua

3.3.7 Melepas Sisa Substrat Aluminium

Setelah terbentuk lapisan pasif aluminium oksida, maka sisa aluminium yang tidak teroksidasi akan di bersihkan dengan menggunakan larutan H_3PO_4.

Gambar 3.5 Rangkaian Alat Removal Aluminium Substrat

3.3.8 Memperbesar Pori

Setelah sisa aluminium dibersihkan, untuk meningkatkan kualitas hasil penelitian maka dilakukan proses memperbesar pori aluminium oksida dengan mendiamkan didalam larutan H_3PO_4.

3.4 Pengujian

3.4.1 Scanning Electron Microscope

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 dan Desi 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. (Sujatno, et al. 2015)

Pada penelitian ini menggunakan 2 tahap pengujian SEM yaitu :

1. Permukaan benda uji

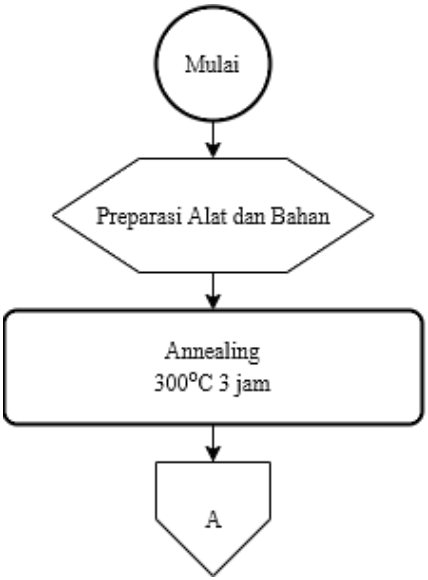
   Sem pada permukaan benda uji dilakukan untuk mengetahui diameter pori yang dihasilkan pada proses anodisasi. Langkah preparasi spesimen adalah memotong permukaan spesimen dengan menggunakan *laser cutting* untuk meratakan permukaan.

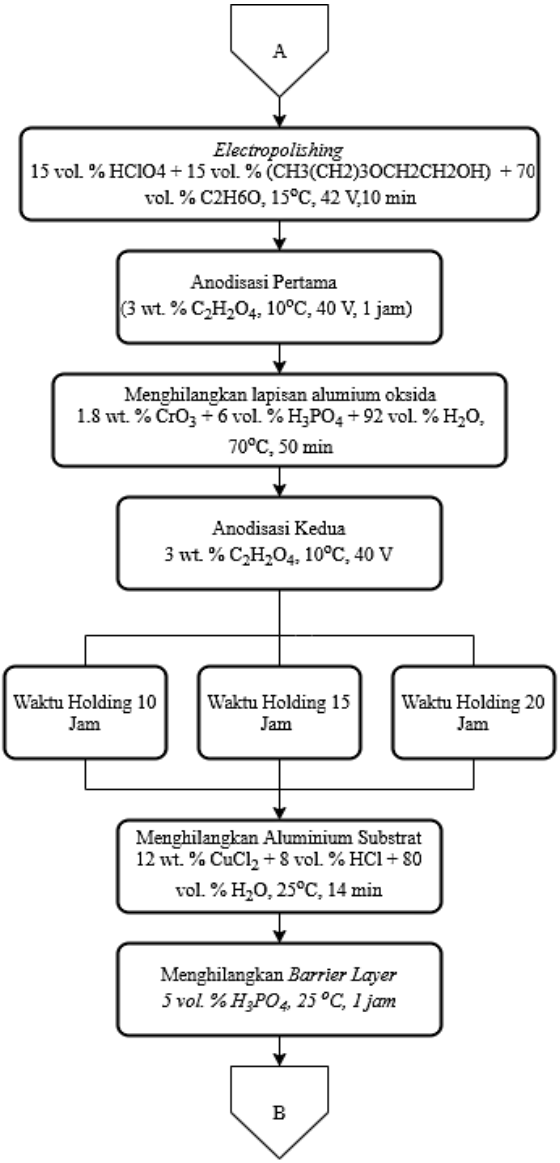
2. Ketebalan benda uji

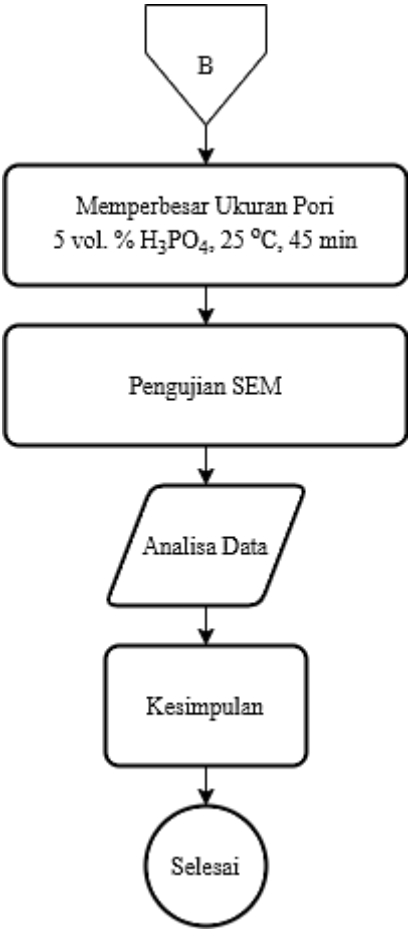
   Sem pada ketebalan benda uji bertujuan untuk mengetahui tebal lapisan yang didapatkan pada proses anodisasi. Langkah preparasi spesimen adalah memotong spesimen tegak lurusa arah permukaan dan melakukan sem pada bidang yang dipotong.

3.5 Rancangan Penelitian

3.5.1 Diagram Alir Penelitian




A
Electropolishing
15 vol. % HClO4 + 15 vol. % (CH3(CH2)3OCH2CH2OH) + 70 vol. % C2H6O, 15°C, 42 V,10 min
Anodisasi Pertama
(3 wt. % $C_2H_2O_4$, 10°C, 40 V, 1 jam)
Menghilangkan lapisan alumium oksida
1.8 wt. % CrO_3 + 6 vol. % H_3PO_4 + 92 vol. % H_2O, 70°C, 50 min
Anodisasi Kedua
3 wt. % $C_2H_2O_4$, 10°C, 40 V
Waktu Holding 10 Jam
Waktu Holding 15 Jam
Waktu Holding 20 Jam
Menghilangkan Aluminium Substrat
12 wt. % $CuCl_2$ + 8 vol. % HCl + 80 vol. % H_2O, 25°C, 14 min
Menghilangkan *Barrier Layer*
5 vol. % H_3PO_4, 25 °C, 1 jam
B



Gambar 3.6 Diagram Alir Percobaan

3.5.2 Variabel Bebas, Variabel Terikat, Variabel Kontrol

a. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang dibuat beragam untuk melaksanakan penelitian. Variabel bebas pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Variabel Bebas Penelitian

No	Waktu Holding (Jam)
1	10
2	15
3	20

b. Variabel Kontrol

Variabel yang dibuat sama sebagai acuan dan batasan dari penelitian. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah :

1. Konsentrasi Larutan
2. Tegangan input

c. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya berpengaruh dari perbedaan variabel bebas dan bergantung pada nilai variabel kontrol. Variabel terikat pada penelitian ini adalah :

1. Ukuran pori aluminium anodisasi oksida
2. Tebal lapisan aluminium anodisasi oksida

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Anodisasi

Pada penelitian ini menggunakan material aluminium 6061 sebagai spesimen. Untuk preparasi spesimen dilakukan pemotongan pada aluminium 6061 berbentuk pipa dengan dimensi panjang 10 cm, diameter 2,5 cm, dan ketebalan 1mm. Setelah dilakukan pemotongan spesimen dilakukan anil dengan temperatur 300° C selama 45 menit. Tujuan dilakukan anil adalah untuk menghilangkan internal stres. Menurut Sadeler (2006), adanya internal stress pada spesimen mengakibatkan peningkatan voltage yang dibutuhkan untuk melakukan anodisasi.

Gambar 4.1 Spesimen hasil Annealing

Setelah dilakukan proses anil, langkah selanjutnya pada penelitian ini adalah surface preparation. Metode *surface preparation* yang digunakan adalah mechanical grinding dan electropolishing. Tujuan dilakukan surface preparation adalah untuk mengurangi scratch pada permukaan spesimen. Menurut Tsung-Chieh Cheng (2014) adanya goresan pada permukaan aluminium dapat menyebabkan ketidakberaturan pada arus dan tegangan listrik, dikarenakan tegangan dan arus listrik berfokus

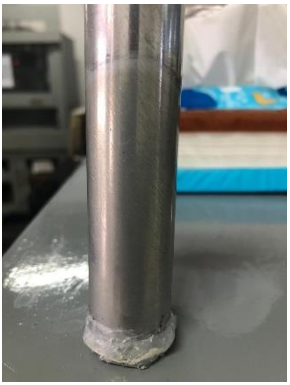
pada bagian yang mengalami goresan sehingga ukuran lubang oksidasi aluminium tidak merata pada semua permukaan.

Gambar 4.2 Hasil Elektropolish

Tahap selanjutnya adalah anodisasi pertama. Anodisasi merupakan proses elektrokimia konversi untuk membentuk lapisan oksida pada permukaan logam tertentu dengan tujuan mempertebal lapisan oksida alami pada logam tersebut. (Moniruzzaman 2011). Untuk melakukan anodisasi membutuhkan larutan asam oksalat 0,3 M sebagai larutan elektrolit. Lapisan oksida yang terbentuk dari penelitian ini adalah aluminium oksida (Al_2O_3). Reaksi kimia yang terbentuk berdasarkan reaksi :

1. Reaksi oksidasi pada anoda Al ➔ $Al^{3+} + 3e$
2. Reaksi reduksi pada katoda $2H_2O$ ➔ $2O^2 + 4H^+$
3. Pembentukan Aluminium Oksida pada alumium $2Al^{3+} + 3O_2 \rightarrow Al_2O_3$

Reaksi menggunakan power suply pada 40 V selama 1 jam, proses dilakukan dengan menggunakan chiller sebagai media pendingin pada temperatur 10^0C. Hasil anodisasi pertama dapat dilihat pada **gambar 4.3**



Gambar 4.3 Hasil Anodisasi Pertama

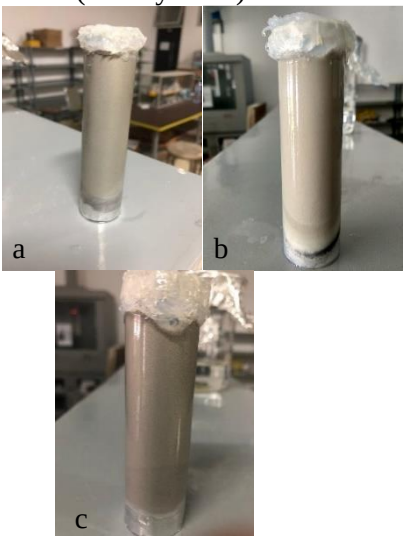
Tahap berikutnya adalah menghilangkan lapisan oksida. Tujuan dilakukan tahap ini adalah untuk menghilangkan lapisan oksida yang telah terbentuk pada tahap anodisasi pertama sehingga pada tahap anodisasi kedua dapat terbentuk lapisan baru dengan diameter pori yang lebih besar. Proses ini menggunakan larutan cromium trioksida, asam fosfat, dan air. Reaksi yang terjadi pada tahap ini adalah :

Parameter yang digunakan pada tahap ini adalah temperatur 75^0C selama 50 menit. Setelah selesai proses pelepasan lapisan oksida, spesimen dimasukkan kedalam aquades untuk menghilangkan sisa larutan.

Gambar 4.4 Hasil Alumina Removal

Tahap selanjutnya adalah anodisasi kedua. Tujuan dilakukan anodisasi kedua adalah untuk membentuk lapisan oksida baru dengan diameter pori yang lebih besar. Larutan yang digunakan pada anodisasi kedua memiliki komposisi yang sama dengan larutan yang digunakan pada anodisasi pertama. Anodisasi kedua menggunakan parameter temperatur 10^0C dialiri tegangan listrik 40V.

Untuk mengetahui pengaruh waktu holding anodisasi kedua terhadap lapisan yang terbentuk, dapat dilihat pada gambar 4.5 untuk waktu holding 5 jam lapisan oksida yang terbentuk berwarna gelap, dan untuk waktu holding 20 jam, lapisan oksida yang terbentuk semakin gelap. Hal ini sesuai dengan pendapat Henley pada buku Anodic Oxidation of Aluminium and its Alloy yang mengatakan bahwa anodisasi aluminium menggunakan asam oksalat dapat menghasilkan warna kuning kuningan hingga seperti perunggu. Semakin gelap warna yang terlihat, maka lapisan yang terbentuk akan semakin tebal. (Henley 1982)

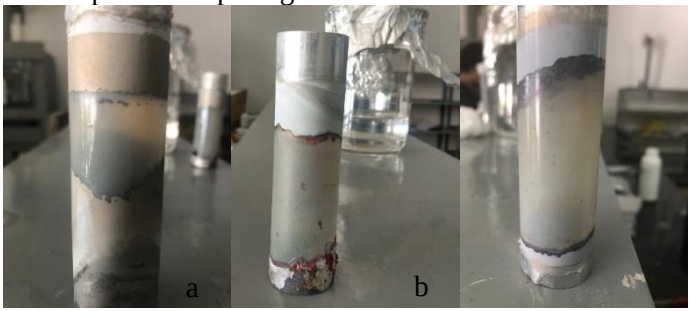


Gambar 4.5 Hasil Anodisasi Kedua A. 10 Jam B. 15 Jam C. 20 Jam

Tahap selanjutnya adalah menghilangkan aluminium substrat. Tujuan dilakukan proses ini adalah untuk membersihkan sisa aluminium yang ada pada bagian dalam dari aluminium oksida yang tidak ikut teroksida. Menurut Chien Wan Hun (2018) reaksi kimia pada proses menghilangkan aluminium substrat dapat ditulis dalam persamaan berikut :

$$2Al + 3\,CuCl \rightarrow 3Cu + 2AlCl_3$$

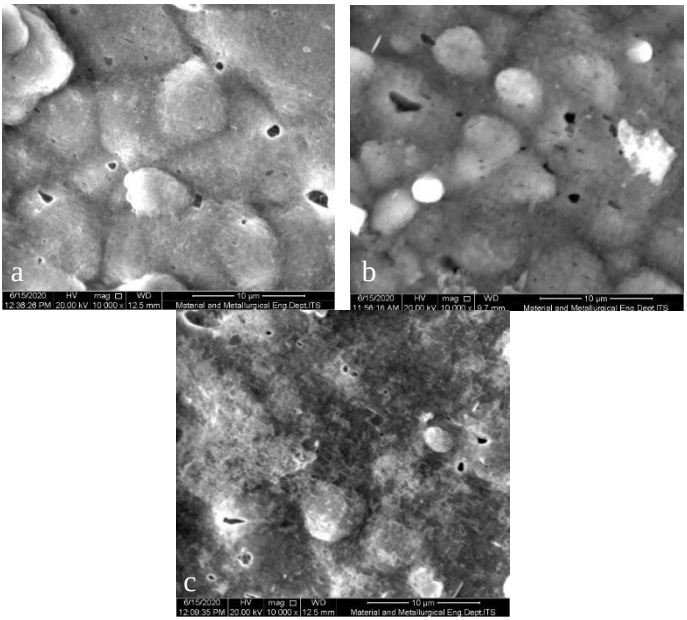
Hasil dari tahap menghilangkan aluminium substrat adalah aluminium oksida yang memiliki bentuk morfologi seperti transparan. Dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4.6 Hasil Removal Aluminium Substrat a. 10 jam b. 15 jam c. 20 jam

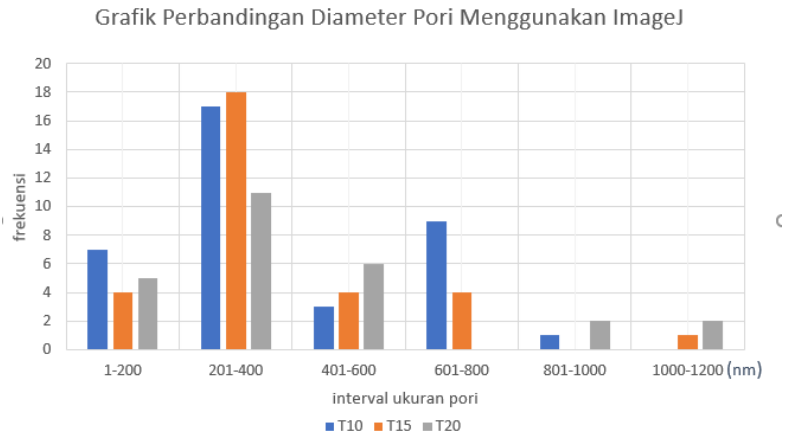
4.2 Hasil Pengujian SEM

Pengujian menggunakan SEM dengan perbesaran 10000x. Pengujian morfologi dilakukan untuk lapisan aluminium oksida pada spesimen dengan perbedaan pada waktu holding anodisasi kedua selama 10 jam, 15 jam dan 20 jam.pada gambar.. dapat dilihat bentuk morfologi lapisan oksida anodik yang memiliki beberapa pori berukuran nanometer.



Gambar 4.7 Hasil Pengujian SEM dengan Perbesaran 10000 a. 10 jam b. 15 jam c. 20 jam

Dari hasil pengujian SEM diatas, dapat dianalisa diameter pori aluminium oksida menggunakan software imageJ. Dari hasil perhitungan diameter pori dengan menggunakan software imageJ dapat dilihat bahwa spesimen dengan rentang waktu holding anodisasi kedua pada 5 jam, 10 jam dan 20 jam memiliki rata rata diameter pada rentang 200-400 nm.

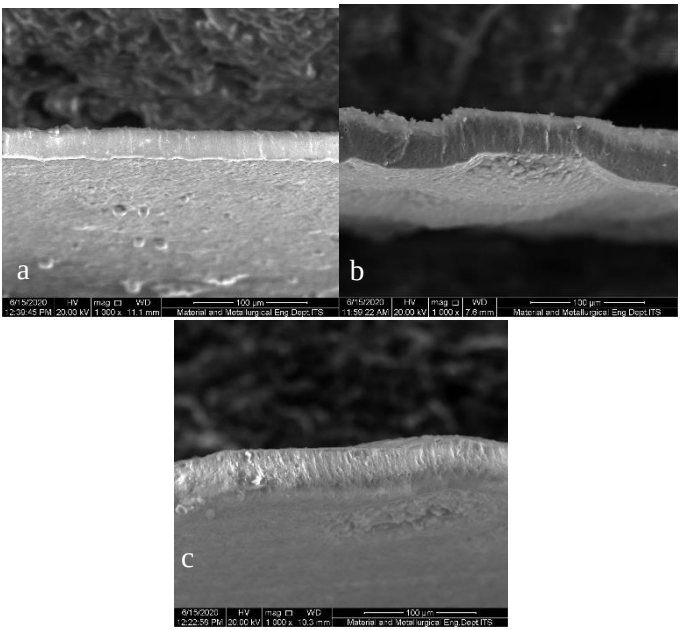


Gambar 4.8 Perbandingan Persebaran diameter pori aluminium oksida pada 10 jam 15 jam dan 20 jam.

Spesimen pada waktu *holding* 10 jam memiliki diameter pori rata rata 357nm. Pada spesimen dengan waktu holding 15 jam memiliki kenaikan rata rata diameter pori yaitu sebanyak 378nm. Pada spesimen dengan waktu *holding* 20 jam, memiliki *rata* rata diameter pori sebanyak 410nm. pada penelitian ini dapat dilihat bahwa peningkatan waktu *holding* pada anodisasi kedua memiliki dampak pada peningkatan diameter pori yang dihasilkan.

Hasil pada penelitian ini sesuai dengan penelitian Parashuram Bannigidad pada 2019 yang mengatakan bahwa seiring peningkatan waktu anodisasi, mata terjadi juga peningkatan diameter pori pada aluminium oksida yang dihasilkan. (Bannigidad, Udhosi dan Vidyasagar 2019). Dari penelitian ini dapat dihasilkan persamaan untuk melakukan penelitian lanjutan terkait diameter pori dengan menggunakan regresi linier.

Pada penelitian ini juga dilakukan pengujian untuk mengetahui tebal lapisan yang terbentuk. Pengujian menggunakan SEM dengan arah tegak lurus dari arah lapisan, sehingga didapatkan hasil seperti pada **gambar 4.9.**



Gambar 4.9 Hasil SEM cross section pada spesimen dengan waktu holding a. 10 jam b. 15 jam c. 20 jam

Hasil *SEM cross section* dianalisa dengan menggunakan *software imageJ* untuk mengetahui tebal lapisannya. Dari hasil *imageJ* dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan ketebalan lapisan dari spesimen 10 jam hingga spesimen 20 jam. Tebal lapisan dapat dilihat pada **Tabel 4.1**

Tabel 4.1 Tebal Lapisan Aluminium Oksida pada spesimen 10 jam, 15 jam, 20 jam dengan menggunakan imageJ

Waktu Holding	Tebal Lapisan (µm)
10 Jam	26.763
15 Jam	36.559
20 Jam	43.282

Untuk dapat memperkirakan diameter pori yang akan terbentuk jika melakukan proses anodisasi aluminium dengan menggunakan parameter pada penelitian ini, maka dapat ditulis dengan persamaan:

$$D = 26{,}83t + 329{,}05 \text{ nm}$$

Dimana : D = Diameter Pori (nm)
t = Waktu Anodisasi Kedia (Jam)

Untuk dapat memperkirakan tebal lapisan yang terbentuk pada proses anodisasi aluminium 6061 dengan menggunakan parameter seperti pada penelitian ini, maka dapat menggunakan persamaan berikut :

$$T = 8{,}2595t + 19{,}016 \text{ nm}$$

Dimana : T = Tebal Lapisan (nm)
t = Waktu Anodisasi Kedua (Jam)

Hasil penelitian ini memiliki analisa yang sesuai dengan buku "*Anodic Oxidation Of Aluminium and its Alloy*" (Henley 1982) yang mengatakan bahwa tebal lapisan oksida yang terbentuk dari proses anodisasi berbanding lurus dengan lama waktu anodisasinya.

Berdasarkan *WHO Drinking Water Quality Series* yang ditulis oleh Lorna Fewtrell dan Jamie Bartram pada tahun 2001, patogen pada kandungan air dapat disaring menggunakan material berpori pada ukuran pori seperti pada **gambar 2.14**

Berdasarkan hasil penelitian pada ketiga variabel waktu yang digunakan, yaitu 10 jam, 15 jam dan 20 jam, memiliki *range* diameter pori pada 200-400nm, sehingga jika di bandingkan dengan gambar 2.14 berdasarkan faktor faktor yang telah dijelaskan pada subbab 2.10 dapat disimpulkan bahwa hasil pada penelitian ini dapat digunakan untuk menyaring bakteri dan alga, yaitu *mycrobacterium avium complex*, *yersinia*, *coliform bacteria*, *cryptosporidium oocysts glardia cysts*, dan *balanitidium coli cysts*.

Pada penelitian Alexandro pada tahun 2015, membuktikan bahwa material berpori aluminium oksida dapat digunakan untuk menyaring partikel mikroba pada air, pana penelitian tersebut,

alexandro menggunakan air dengan mikroba bakteri *E. Coli* karena merupakan mikroba yang sering ditemui sebagai pengotor air. jenis bakteri *E.coli* yang digunakan adalah BL21 dengan ukuran sekitar 0,2µm. Peneliti menggunakan material berpori aluminium oksida dengan diameter pori 54nm, 121 nm dan 192 nm, dengan hasil 100% *rejection rate* bakteri pada proses penyaringan.

Berdasarkan hasil perbandingan dengan ukuran bakteri, maka hasil penelitian kemungkinan dapat digunakan untuk proses pengolahan air pada tahap filtrasi dengan menggunakan nanomembrane, lalu dapat dilakukan perkembangan untuk mendapatkan diameter pori yang lebih kecil untuk melakukan penyaringan lanjutan pada partikel virus yang lebih kecil sesuai dengan persamaan yang didapatkan pada penelitian ini

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil dan analisis data yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan :

1. Pengaruh waktu holding anodisasi kedua pada proses pembuatan aluminium oksida menggunakan metode two step anodization adalah memperbesar pori yang dihasilkan yaitu, 357nm pada waktu holding 10 jam, 378nm pada waktu holding 15 jam dan 410nm pada waktu holding 20 jam.
2. Waktu holding anodisasi kedua pada proses pembuatan aluminium oksida dengan metode two step anodization memiliki pengaruh pada peningkatan ketebalan lapisan oksida yaitu 26,73µm pada waktu holding 10 jam, 36,55µm pada waktu holding 15 jam dan 43,28µm pada waktu holding 20 jam
3. Untuk pembuatan aluminium oksida menggunakan metode two step anodization pada waktu holding 10 jam, 15 jam dan 20 jam, hasil penelitian kemungkinan dapat digunakan untuk proses pengolahan air tanah, pada tahap filtrasi dengan menggunakan material nanopori dan dibutuhkan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan ukuran pori yang lebih kecil dengan menggunakan persamaan yang didapat.

5.2 Saran

Saran dari penelitian ini adalah :

1. Melakukan pengujian struktur mikro setelah annealing untuk memperoleh hasil yang lebih baik
2. Melakukan pengujian setelah mengamplas spesimen untuk mengetahui goresan pada spesimen
3. Melakukan pengujian BET untuk mengetahui ukuran nanopori secara lebih spesifik

DAFTAR PUSTAKA

Altama, Alfreda Krisna. 2017. "Pengaruh Konsentrasi Na2sio3 Terhadap Morfologi Dan Kekerasan Lapisan Al2o3 Pada Al 2024 Menggunakan Metode Plasma Electrolytic Oxidation."

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

Ardiansyah, moch. 2018. "Analisa Hasil Pengecoran Aluminium Dengan Variasi Media Pendingin Dan Suhu Media Pendingin."

Aziz, Shuokr Qarani, dan Jwan Sabah Mustafa. 2019. "Step-by-step design and calculations for water treatment plant units." ***Advances in Environmental Biology* 1-16.**

Bannigidad, Parashuram, Jalaja Udhosi, dan C C Vidyasagar. 2019. "Effect of Time on Aluminium Oxide FESEM Nanopore Images using Fuzzy Inference System."

Chung, C.K, Liao M.W., Chang H.C., dan Lee C.T. 2011. "Effects of temperature and voltage mode on nanoporous anodic aluminum oxide films by one-step anodization." ***Elsevier* (Thin Solid Films): 1544-1558.**

Committee. 2009. *Standard Specification for Aluminum-Alloy 6061-T6 Standard Structural Profiles.* West Conshohocken: **ASTM INTERNATIONAL**.

—. 2011. *The Surface Treatment And Finishing of Aluminium And Its Alloys.* **ASM INTERNATIONAL.**

Corapcioglu, M. Yavuz, dan A. Haridas. 1984. "Transport And Fate Of Microorganisms In Porous Media: A Theoretical Investigation." ***Journal Of Hydrology* 149-169**.

Fewtrell, Lorna, dan Jamie Bartram. 2001. *Water Treatment and Pathogen Control.* **World Health Organization.**

Friedman, Adam L., Derrick Brittain, dan Latika Menon. 2007. "Role of pH and acid type in the anodic growth of porous alumina." ***The Journal Of Chemical Physics* 127**.

Gabe, D R. 1978. *Principles of Metal Surface Treatment and Protection.* Longborough: **Pergamon Press.**

Gujela, Om Prakash, Vidhatri Gujela, dan Gayatri. 2016. "Anodic Aluminum Oxide (AAO) Nano Membrane Fabrication under Different Conditions." ***IEEE International Conference on Recent Advances and Innovations in Engineering.***

Han, Wei, dan Fengzhou Fang. 2019. "Fundamental aspects and recent developments in electropolishing." ***International Journal of Machine Tools and Manufacture* 1–23.**

Henley, V F. 1982. *Anodic Oxidation Of Aluminium And Its Alloys.* **Pergamon Press.**

Hun, Chien Wan, Yu-Jia Chiu, dan Zhiping Luo. 2018. *A New Technique for Batch Production of Tubular Anodic Aluminum Oxide Films for Filtering Applications.* **MDPI.**

Istomo, Aji. 2017. "Pengaruh Variasi Waktu Pencelupan Pada Proses Anodizing Aluminium Seri 1xxx."

Jang, Sang-Eun, dan d Hansung Kim. 2010. "Effect of Water Electrolysis Catalysts on Carbon Corrosion in Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells."

Kim, Youngdeuk, Bongbu Jung, dan Hunkee Lee. 2009. *Capacitive humidity sensor design based on anodic aluminum oxide.*

Lee, Seung-Jun, dan Seong-Jong Kim. 2016. "Effect of Current Density on Porous Film Formation in Two-Step Anodizing for Al Alloy."

Lee, Woo. 2017. "The Anodization of Aluminium for Nanotechnology Appications."

Losic, Dusan, dan Abel Santos. 2019. *Nanoporous Alumina.* Australia: **Springer.**

Lv, Yudong. 2017. "Research progress in formation mechanism of anodizing aluminum oxide." ***1st International Global on Renewable Energy and Development.***

Masyrukan. 2010. "Analisis Sifat Fisis Dan Mekanis Aluminium (Al) Paduan Daur Ulang Dengan Menggunakan Cetakan Logam Dan Cetakan Pasir." ***MEDIA MESIN* 1 - 7 .**

Mohammed, Haleemah J., dan Prof. Dr. Nathera A. Ali. 2019. "Fabricating and Study Effect of the Concentrations Electrolyte for An alkaline Electrolysis Cell."

Moniruzzaman, M. 2011. *Anodizing of zinc for improved surface properties*. Dhaka.

Muafa, Fikri. 2018. "Pengaruh Beda Potensial Dan Waktu Oksidasi Terhadap Morfologi,Sifat Mekanik Dan Laju Degradasi Pada Paduan Magnesium Az31b Menggunakan Metode Plasma Electrolytic Oxidation Untuk Aplikasi Orthopedic Device."

Rabia, A.R, A.H. Ibrahim, dan N.N. Zulkepli. 2018. "Activated Alumina Preparation and Characterization : The Review on Recent Advancement."

Saji, Viswanathan S., Tushar Kumeria, dan Karan Gulati. 2015. "Localized drug delivery of selenium (Se) using nanoporous anodic aluminium oxide for bone implants." *The Royal Society of Chemistry.*

Sakti, Mahesa Anggara. 2020. "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."

Santhiarsa, dan I Gst. Ngr. Nitya. 2010. "Pengaruh Kuat Arus Listrik Dan Waktu Proses Anodizing Dekoratif Pada Aluminium Terhadap Kecerahan Dan Ketebalan Lapisan." ***Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana* 4: 75-82.**

Setiawan, dan Samuel Wildan. 2018. "Pengaruh Variasi Waktu Proses Anodizing Terhadap Ketebalan Lapisan Oksida dan Kekerasan Permukaan Aluminium."

Sujatno, Agus, Rohmad Salam, Bandriyana, dan Arbi Dimyati. 2015. "Studi Scanning Electron Microscopy (Sem) Untuk Karakterisasi Proses Oxidasi Paduan Zirkonium." ***Jurnal Forum Nuklir* 44-50.**

Theohari, S., dan Ch. Kontogeorgou. 2013. "Effect of temperature on the anodizing process of aluminum alloy AA 5052."

Thorman, Annika, Nico Teuscher, Monika Pfannmçlle, Ulrich Rothe, dan Andreas Heilmann. 2007. "Nanoporous Aluminum Oxide Membranes for Filtration and Biofunctionalization."

Weerasinghe, Piyadasa, Ferrer, Wijayawardhan, dan Liyanage. 2006. "Natural water purification system for local community."

Woo Lee, Kornelius Nielsch. 2006. "Fast Fabrication of Long-Range Ordered Porous Alumina Membranes by Hard Anodization." ***nature material* 5: 741-747.**

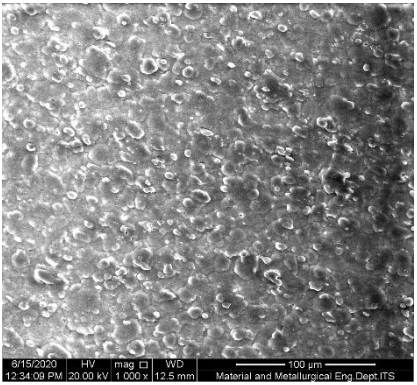
Xie, Weimin, Qunhui Wang, dan Hongzhi Ma. 2005. "Phosphate removal from wastewater using aluminium oxide as adsorbent." ***International Journal Environment and Pollution.***

Yang, G, dan B. Wang. 2016. "Electropolishing of surfaces: theory and application."

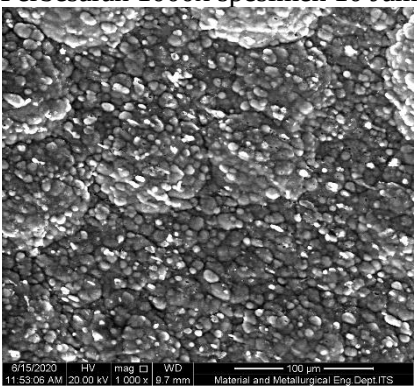
Zaraska, Leszek, Elżbieta Kurowska, Grzegorz D. Sulka, Ilona Senyk, dan Marian Jaskula. 2013. "The effect of anode surface area on nanoporous oxide formation during anodizing of low purity aluminum (AA1050 alloy)." ***Solid State Electrochem.***

Zimer, Alexsandro Mendes, Maria Manuela P. Machado, dan Lázaro José Dalla Costa Júnior. 2015. "Optimized Porous Anodic Alumina Membranes for Water Ultrafiltration of Pathogenic Bacteria (E. coli)." ***Journal of Nanoscience and Nanotechnology* 1-9.**

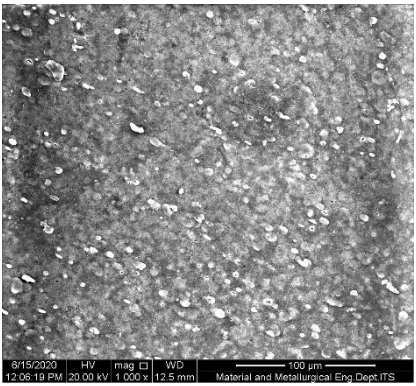
LAMPIRAN



Gambar 0.1 Lampiran Hasil SEM Tampak Bawah Pada Perbesaran 1000x spesimen 10 Jam



Gambar 0.2 Lampiran Hasil SEM Tampak Bawah Pada Perbesaran 1000x spesimen 15 Jam



Gambar 0.3 Lampiran Hasil SEM Tampak Bawah Pada Perbesaran 1000x spesimen 20 Jam

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 moral 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 bernama Tadeus Pantryan Simarmata dilahirkan di Bukittinggi, 28 Oktober 1998 dari pasangan Jadingkar Simarmata dan Nurlina Sinabang. Penulis merupakan anak keempat dari lima bersaudara. Penulis merupakan Mahasiswa Aktif pada Departemen Teknik Material, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember semenjak tahun 2016.

Selama menempuh perkuliahan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember penulis aktif dalam kegiatan organisasi seperti : staff departemen internal KMK ITS, staff BSO MTC HMMT FTI ITS, fungsio departemen ristek HMMT FTI ITS, menjadi *volunteer* pada kegiatan HMMT mengajar di salah satu rt di keputih, surabaya.

Penulis juga pernah melakukan kerja praktek pada PT.PINDAD Persero selama 1 bulan pada tahun 2017