

SKRIPSI

**ANALISA PENGARUH VARIASI PERLAKUAN ANODISASI
TERHADAP KARAKTERISTIK PEMBENTUKAN LAPISAN FILM
PADA PERMUKAAN ALUMINIUM FOIL**



OLEH :

**YUSDIANA
D021171024**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2022**

SKRIPSI

**ANALISA PENGARUH VARIASI PERLAKUAN ANODISASI
TERHADAP KARAKTERISTIK PEMBENTUKAN LAPISAN FILM
PADA PERMUKAAN ALUMINIUM FOIL**

DI SUSUN OLEH

YUSDIANA

D021171024

**Merupakan Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

GOWA

2022

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan mengikuti ujian akhir guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Pada tanggal 23 Agustus 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

JUDUL:

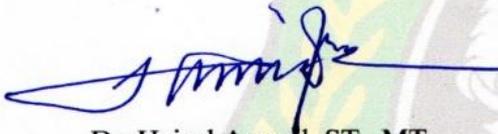
ANALISA PENGARUH VARIASI PERLAKUAN ANODISASI TERHADAP KARAKTERISTIK PEMBENTUKAN LAPISAN FILM PADA PERMUKAAN ALUMINIUM FOIL

YUSDIANA

D021171024

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

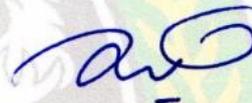
Dosen Pembimbing I



Dr. Hairul Arsyad, ST., MT

NIP. 19750322 200212 1 001

Dosen Pembimbing II



Dr. Eng. Lukmanul Hakim Arma, ST., MT

NIP. 19740415 199903 1 001

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin



Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT

NIP. 19720825 200003 1 001

PERYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Yusdiana
Nim : D021171024
Program Studi : Teknik Mesin
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

ANALISA PENGARUH VARIASI PERLAKUAN ANODISASI TERHADAP KARAKTERISTIK PEMBENTUKAN LAPISAN FILM PADA PERMUKAAN ALUMINIUM FOIL

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengembalian alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 24 Agustus 2022

Yang Menyatakan



Yusdiana

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Yusdiana
Tempat Tanggal Lahir : Banca, 31 Desember 1998
Alamat : Jln. Mangga PKG, Gowa
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Telepon : 0853 4049 6802
E-mail : yusdiana310@gmail.com



RIWAYAT PENDIDIKAN

SDN 145 BANCA (2005-2011)
MTs N 1 ENREKANG (2011-2014)
SMAN 5 ENREKANG (2014-2017)
Universitas Hasanuddin (2017-2022)

RIWAYAT ORGANISASI

OKFT-UH

HMM FT-UH

HPMM KOM UNHAS

PENGALAMAN MAGANG (*INTERNSHIP*)

SEMEN BOSOWA MAROS

ABSTRAK

Yusdiana (D021171024). Analisis Pengaruh Variasi Perlakuan Anodisasi Terhadap Karakteristik Pembentukan Lapisan Film Pada Permukaan Aluminium Foil. Dibimbing oleh Dr. Hairul Arsyad, ST., MT. dan Dr. Eng. Lukmanul Hakim Arma, ST., MT.

Penelitian ini bertujuan untuk 1) Menganalisis pengaruh tegangan proses anodisasi terhadap morfologi lapisan oksida. 2) Menganalisis pengaruh tegangan proses anodisasi terhadap hasil uji *wettability*. 3) Menganalisis pengaruh tegangan proses anodisasi terhadap hasil uji profil permukaan lapisan film aluminium foil. 4) Menganalisis pengaruh tegangan pada proses anodisasi terhadap hasil uji tarik. Penelitian ini menggunakan bahan aluminium foil dengan variasi tegangan antara 5 volt, 6 volt, 7 dan 8 volt serta variasi waktu 30 menit, 40 menit, 50 menit dan 60 menit. Hasil *anodizing* ini kemudian diuji morfologi permukaannya, uji tarik, uji profil temperatur permukaan, dan uji *wettability*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama waktu dan tegangan proses *anodizing* maka pembentukan lapisan oksida semakin meningkat. Selain itu penambahan waktu dan tegangan voltase *anodizing* juga berpengaruh terhadap keteraturan pori, hal ini diakibatkan lapisan *porousnya* telah menebal. Selanjutnya, rendahnya nilai gaya maksimum pada aluminium hasil *anodizing* dipengaruhi oleh lamanya waktu *anodizing* sehingga pori-pori permukaan aluminium melebar menyebabkan kekuatan tarik menurun dan mudah putus. Hal ini dibuktikan dengan terjadi penurunan sudut kontak terbesar pada sampel yang di *anodizing* selama 60 menit, dimana sudut terkecil yaitu variasi 8v 60 menit dengan sudut kontak 18° . Semakin lama proses anodisasi yang dilakukan maka pembentukan pori-pori semakin rapat sehingga pada saat dilakukannya pengujian tegangan permukaan pada aluminium foil hasil anodisasi semakin menurun dikarenakan tingginya penyerapan panas. Semakin tinggi tegangan dan waktu yang diberikan maka penyerapan panas semakin tinggi pula sehingga suhu permukaan semakin kecil.

Kata Kunci: Aluminium foil, *anodizing*, morfologi, kekuatan tarik, profil temperatur permukaan, *wettability*.

ABSTRAC

Yusdiana (D021171024). Analysis of the Effect of Anodizing Treatment Variations on the Characteristics of Film Coating Forming on the Surface of Aluminum Foil. Supervised by Dr. Hairul Arsyad, ST., MT. and Dr. eng. Lukmanul Hakim Arma, ST., MT.

This study aims to 1) Analyze the effect of the anodization process stress on the morphology of the oxide layer. 2) Analyzing the effect of the anodization process stress on the wettability test results. 3) Analyzing the effect of the anodizing process stress on the test results of the surface profile of the aluminum foil film. 4) Analyzing the effect of stress on the anodization process on the tensile test results. This study uses aluminum foil with voltage variations between 5 volts, 6 volts, 7 and 8 volts and time variations of 30 minutes, 40 minutes, 50 minutes and 60 minutes. The anodizing results were then tested for surface morphology, tensile test, surface temperature profile test, and wettability test. The results showed that the longer the time and stress of the anodizing process, the formation of the oxide layer increased. In addition, the addition of anodizing time and voltage also affects the regularity of the pores, this is because the porous layer has thickened. Furthermore, the low value of the maximum force on anodizing aluminum is influenced by the length of anodizing time so that the pores of the aluminum surface widen causing the tensile strength to decrease and break easily. This is evidenced by the decrease in the largest contact angle in the anodizing sample for 60 minutes, where the smallest angle is a variation of 8v 60 minutes with a contact angle of 18° . The longer the anodization process is carried out, the more tightly the pores are formed so that when the surface tension test is carried out on the anodized aluminum foil, the anodization results decrease due to the high heat absorption. The higher the voltage and the given time, the higher the heat absorption so that the surface temperature gets smaller.

Keywords: Aluminum foil, anodizing, morphology, tensile strength, surface temperature profile, wettability.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi ini dengan judul **“ANALISA PENGARUH VARIASI PERLAKUAN ANODISASI PADA PERMUKAAN ALUMINUM FOIL”** Universitas Hasanuddin. Shalawat serta salam senantiasa kita haturkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi suri tauladan yang baik dan membawa umat manusia ke kehidupan yang lebih beradab.

Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan skripsi ini tidaklah mudah, banyak hambatan dan masalah yang dihadapi hingga sampai ke titik ini. Namun berkat do'a dan dukungan dari berbagai pihak akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan. Selain itu, dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan dikarenakan keterbatasan penulis sebagai manusia biasa. Untuk itu penulis sangat terbuka untuk menerima kritik dan saran agar skripsi ini bisa lebih baik lagi, dan semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi yang membutuhkan secara keseluruhan sebagai salah satu acuan demi perkembangan dan kemajuan ilmu pengetahuan.

Tak lupa pula penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah ada dan hadir dalam kehidupan penulis baik yang secara langsung maupun tidak langsung membantu penulis sehingga dapat melewati dan menyelesaikan segala suka dan duka bersama, sehingga pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis sangat menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak akan selesai apabila hanya penulis yang bekerja sendiri tanpa adanya dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Atas alasan itu pula penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih dan bersyukur kepada:

1. Kedua orang tua saya tercinta ayahanda Seni dan ibunda Fatimah juga kepada kakak dan adik yang selalu memberi doa yang tak henti-hentinya kepada penulis, nasehat, semangat, hingga motivasi selama penulis menyelesaikan skripsi ini hingga akhir.
2. Bapak Prof. Dr. Eng Isran Ramli, ST., MT selaku Dekan fakultas teknik Universitas Hasanuddin.

3. Bapak Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT. selaku Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Dr. Hairul Arsyad, ST., MT. dan Bapak Dr. Eng. Lukmanul Hakim Arma, ST., MT. atas ilmu, saran, kritik dan masukannya selaku pembimbing I dan pembimbing II Penulis dalam skripsi ini
5. Bapak Dr. Muhammad Syahid, ST., MT. dan Bapak Azwar Hayat, ST., M.Sc., Ph.D. atas ilmu, saran, kritik dan masukannya selaku penguji I dan penguji II Penulis dalam skripsi ini
6. Pak Edi Iskandar Sebagai Laboran di Laboratorium Metalurgi Fisik yang membantu penulis memberikan arahan dan bantuan selama di Laboratorium.
7. Yth. Segenap Dosen Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas semua ilmu dan dedikasi yang diberikan dalam mengajari, mendidik dan membimbing Penulis selama berkuliah
8. Seluruh Staff Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah membantu segala urusan administrasi.
9. Kanda-kanda senior, adik – adik junior dan seluruh warga HMM FT-UH atas kebersamaan dan pengalaman yang diberikan, khususnya untuk saudara-saudari seperjuangan penulis, ZYNCROMEZH 2017, yang sudah memberikan warna tersendiri bagi penulis baik dalam keadaan suka maupun duka selama menempuh perkuliahan yang tidak bisa dilupakan
10. Teman-teman seperjuangan laboratorium Metalurgi Fisik yang telah banyak membantu dan mendukung dalam penelitian ini.
11. Ziqra selaku adik dan saudara perempuan satu-satunya yang selalu memberi dukungan motivasi dan do'a di dalam penyelesaian skripsi penulis.
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu per satu yang telah mendukung dan membantu penulis. Semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian semua dengan sesuatu yang jauh lebih baik.

Gowa, September 2022

Penulis

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
SKRIPSI	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRAC	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Definisi Anodisasi	7
2.2 Klasifikasi Anodisasi.....	8
2.3 Asam Sulfat (H ₂ SO ₄)	10
2.4 Proses Anodisasi	10
2.5 Fungsi dari Proses Anodisasi:	13
2.6 Pembentukan Lapisan Oksida Aluminium.....	14

2.7	Faktor yang Mempengaruhi Anodisasi	21
2.8	Keuntungan dan Kelemahan Anodisasi	23
2.9	Aplikasi	24
2.10	Uji Metalografi	27
2.11	Uji <i>Wettability</i>	27
2.12	Uji Profil Temperatur Permukaan	28
2.13	Pengujian Tarik	29
BAB III METODE PENELITIAN		31
3.1	Waktu dan Tempat	31
3.2	Alat dan Bahan	32
3.2	Posedur Penelitian	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		46
4.1	Pengamatan Visual	46
4.2	Hasil Pengujian Foto Mikro	47
4.3	Grafik Hubungan Tegangan dan Arus Terhadap Waktu.....	51
4.4	Pengujian Kekuatan Tarik Aluminium Hasil Anodizing	54
4.3	Pengujian Profil Temperatur Permukaan	55
4.4	Pengujian <i>Wettability</i> Permukaan Aluminium Hasil <i>Anodizing</i>	59
BAB V PENUTUP		65
5.1	Kesimpulan.....	65
5.2	Saran	66
DAFTAR PUSTAKA		67
LAMPIRAN I		70
Tabel A.1	70
Tabel A.2	71

Tabel A.3	72
Tabel A.4	73
LAMPIRAN II.....	82
Gambar B.1	82
Gambar B.2	83
Gambar B.3	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Rangkaian Sel Anodisasi	8
Gambar 2. 2 Proses <i>Anodizing</i>	10
Gambar 2. 3 Skema proses anodisasi dua langkah.....	11
Gambar 2. 4 Rangkai Proses Anodizing.....	13
Gambar 2. 5 Penampang melintang AAO dengan beberapa parameter untuk karakterisasi	15
Gambar 2. 6 Ilustrasi transport ion ke lapisan oksida.....	18
Gambar 2. 7 Skema Lapisan Pori hasil anodisasi (Rohman,2012)	18
Gambar 2. 8 Tegangan dan arus yang terjadi pada pembentukan lapisan oksida <i>anodizing</i> (Yerokhin, 2010).....	20
Gambar 2. 9 Struktur nanoporous aluminium oxide	25
Gambar 2. 10 Sudut kontak air (Wenten dkk, 2015).....	27
Gambar 2. 11 Sudut kontak superhidrofilik dan hidrofilik (Joko,2017)	28
Gambar 2. 12 Kurva uji Tarik tegangan-regangan (Satranegara,2009)	30
Gambar 3. 1 <i>Trafo slide regulator</i>	32
Gambar 3. 2 Kabel penghubung.....	33
Gambar 3. 3 Penjepit Buaya	33
Gambar 3. 4 Multitester digital	33
Gambar 3. 5 Timbangan digital.....	34
Gambar 3. 6 Stopwatch	34
Gambar 3. 7 Jangka sorong	34
Gambar 3. 8 Bak plastik	35
Gambar 3. 9 Gelas ukur plastik	35
Gambar 3. 10 Sarung tangan	35
Gambar 3. 11 Pipet tetes.....	36
Gambar 3. 12 <i>Thermometer gun</i>	36
Gambar 3. 13 Mikroskop optik	36
Gambar 3. 14 Miroskop laser 3D <i>Measuring laser Microscope OLS4100</i>	37
Gambar 3. 15 Mesin uji tarik.....	37

Gambar 3. 16 Spesimen.....	38
Gambar 3. 17 Aquades	38
Gambar 3. 18 Asam Sulfat H ₂ SO ₄	38
Gambar 3. 19 Natrium Karbonat Na ₂ CO ₃	39
Gambar 3. 20 Ukuran sampel	39
Gambar 3. 21 Pencampuran Larutan	40
Gambar 3. 22 Proses Anodisasi.....	41
Gambar 3. 23 Pengujian foto mikro permukaan lapisan aluminium hasil <i>anodizing</i>	42
Gambar 3. 24 Pengujian <i>wettability</i>	42
Gambar 3. 25 Pengujian profil temperatur permukaan	43
Gambar 3. 26 Sampel pengujian tarik	43
Gambar 3. 27 Proses uji tarik	44
Gambar 3. 28 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	45
Gambar 4. 1 Foto sampel sebelum proses anodisasi	46
Gambar 4. 2 Foto sampel sesudah proses anodisasi.....	46
Gambar 4. 3 Foto mikro permukaan aluminium tanpa perlakuan.....	47
Gambar 4. 4 Foto struktur mikro permukaan lapisan aluminium hasil <i>anodizing</i> dengan tegangan 5 volt dan variasi waktu (a) 30 menit, (b) 40 menit, (c) 50 menit, (d) 60 menit.....	48
Gambar 4. 5 Foto struktur mikro permukaan aluminium hasil anodizing dengan waktu 30 menit dan variasi tegangan (a) 5 volt, (b) 6 volt, (c) 7 volt dan (d) 8 volt	50
Gambar 4. 6 Grafik hubungan tegangan dan arus terhadap waktu dengan variasi waktu	52
Gambar 4. 7 Grafik hubungan tegangan dan arus terhadap waktu dengan variasi tegangan.....	53
Gambar 4. 8 Grafik gaya maksimum pada pengujian Tarik	54
Gambar 4. 9 Grafik hubungan waktu pemanasan terhadap profil temperatur permukaan anodisasi 5 volt	56

Gambar 4. 10	Grafik hubungan waktu pemanasan terhadap profil temperatur permukaan anodisasi 8 volt.....	58
Gambar 4. 11	Grafik sudut kontak <i>wettability</i> permukaan aluminium <i>anodizing</i> dengan variasi waktu pada tegangan 5 volt.....	60
Gambar 4. 12	Foto sudut kontak permukaan lapisan aluminium hasil anodizing dengan tegangan 5 volt dan variasi waktu; (a) Tanpa Perlakuan, (b) 30 menit, (c) 40 menit, (d) 50 menit, dan (e) 60 menit.....	62
Gambar 4. 13	Grafik sudut kontak <i>wettability</i> permukaan aluminium <i>anodizing</i> dengan variasi tegangan pada waktu permenit.....	63
Gambar 4. 14	Foto sudut kontak permukaan lapisan aluminium hasil <i>anodizing</i> variasi tegangan pada waktu 40 menit; (a) 5 volt, (b) 6 volt, (c) 7 volt dan (d) 8 volt.....	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Parameter Anodisasi dua langkah yang umum untuk elektrolit pembentuk berpori.....	12
Tabel 3. 1 Rencana Penelitian	31
Tabel 4. 1 Perbandingan tegangan dan gaya maksimum	54
Tabel 4. 2 Hasil pengujian profil temperatur permukaan pada tegangan 5 volt...	55
Tabel 4. 3 Hasil pengujian profil temperatur permukaan pada tegangan 8 volt...	57
Tabel 4. 4 Sudut kontak hasil pengujian <i>wettability</i> permukaan aluminium <i>anodizing</i>	60

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rekayasa permukaan adalah kegiatan multidisiplin yang dimaksud untuk menyesuaikan sifat permukaan komponen teknik sehingga fungsi dan kemampuan mereka dapat ditingkatkan sesuai aplikasinya. Definisi lain dari rekayasa permukaan yaitu sebagai “perlakuan bagian permukaan dan bagian dekat permukaan dari suatu material untuk memungkinkan permukaan dari material tersebut memiliki sifat dan fungsi yang berbeda dari sifat aslinya”(ASM, 1994).

Sifat atau karakteristik yang diinginkan dari rekayasa permukaan suatu komponen meliputi: Meningkatkan ketahanan korosi melalui pelindung dengan membentuk pembatas dengan lingkungan; Peningkatan ketahanan terhadap oksidasi dan/ atau sulfidasi; Peningkatan ketahanan aus; Mengurangi kerugian kehilangan energi akibat gesekan; Meningkatkan sifat mekanik yang ditingkatkan, misalnya kekuatan atau kekerasan; Peningkatan sifat elektronik atau listrik; Peningkatan estetika (ASM, 1994).

Rekayasa permukaan dapat dilakukan berbagai prinsip, yaitu mengubah sifat metalurgi permukaan (*surface hardening, laser melting*); mengubah struktur kimia permukaan seperti *Chromate chemical conversion coatings, Black oxide chemical conversion coatings* anodisasi (prinsip pelapisan melalui reaksi elektrokimia), *carburizing*; dan dengan menambahkan lapisan pada permukaan/ *coating (hot dip, thermal spraying, electroplating, CVD, PVD)*.

Salah satu metode rekayasa permukaan yaitu anodisasi atau yang dikenal dengan nama pelapisan logam (*plating*) atau (*surface treatment*) adalah suatu perlakuan permukaan untuk melapisi permukaan logam agar terlindungi dari pengaruh *destruktif* lingkungan yang menyebabkan korosi. Disamping itu, metode *anodizing* juga menghasilkan tampilan logam yang lebih menarik, bertekstur dan berwarna, serta tahan terhadap gesekan permukaan. Pada rekayasa material, proses *anodizing* sering diaplikasikan pada bahan aluminium. Pada permukaan aluminium yang di *anodizing* terbentuk lapisan

oksida protektif *alumina* (Al_2O_3). Lapisan oksida (Al_2O_3) yang sudah terbentuk melalui proses *anodizing* memiliki ketebalan yang jauh lebih tinggi dari pembentukan lapisan oksida secara alami, dan juga memiliki kekerasan yang lebih tinggi. Selain itu peningkatan nilai estetika, juga dapat dilakukan dengan proses *anodizing* ini. Karena *anodizing* dapat digunakan untuk mengkilapkan dan memberi warna pada permukaan aluminium (Sharma, 2017).

Aluminium foil merupakan paduan aluminium yang dibuat dalam bentuk lembaran tipis. Ketebalan aluminium foil berkisar 0,2 mm dan mengandung sekitar 92% sampai 99% aluminium. Aluminium foil tersedia dalam berbagai ukuran dan karakteristik dan terutama digunakan untuk mengemas berbagai barang. Akan tetapi untuk aplikasi pada umumnya digunakan ketebalan sekitar 0,006 mm. Dalam aplikasi aluminium foil digunakan manufaktur insulasi, *fil stock* untuk penyejuk ruangan (AC) kumparan dan pembungkus kawat untuk transformer, kapasitor untuk radio dan televisi, produk dekorasi, permukaan rumah tangga, kontainer, serta pengemasan (Sipayung, 2008).

Pembentukan anodic porous alumina yang dilakukan (Purnama,2012) dari aluminium foil dilakukan dengan metode anodisasi sederhana. Proses anodisasi dilakukan dalam larutan elektrolit asam asetat 0,2 M dengan waktu anodisasi 30 menit yang dilakukan dengan pada temperatur 4°C, 22°C dan 40°C dan tegangan 10 V, 40 V, 70 V, 90 V dan 120 V. Pengamatan ukuran diameter pori dilakukan dengan alat *measuring microscope* sedangkan pengukuran ketebalan oksida dilakukan dengan alat SEM. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa ukuran diameter pori aluminium oksida yang terbentuk dan ketebalan lapisan oksida pada aluminium akan meningkat seiring dengan peningkatan temperatur dan tegangan anodisasi. Rata-rata ukuran diameter pori yang terbentuk minimal terjadi pada temperatur 4°C dan tegangan 10 volt yaitu 269,4 μm dan rata-rata ukuran diameter pori maksimal yang terbentuk terjadi pada temperatur 22°C dan tegangan 90V. Rata-rata ketebalan lapisan oksida minimal terjadi pada temperatur 4°C dan tegangan 10 volt yaitu 0,38797 μm dan rata-

rata ketebalan lapisan oksida maksimal terjadi pada temperatur 40°C dan tegangan 90 volt yaitu 16,83 μm (Purnama, 2012).

Fabrikasi nanostruktur yang dapat dibuat dengan murah juga telah memacu aktivitas penelitian yang intensif. Saat ini publikasi tenaga nanoteknologi telah meningkat secara eksponensial sejak Herbert Gleiter mempublikasikan tulisannya dalam *Jurnal Advancer Material* pada tahun 1992 (Anton et al., 2008). Dalam beberapa tahun terakhir, telah ada minat baru pada lapisan AAO untuk digunakan sebagai template dalam berbagai aplikasi nanoteknologi. Alas ini disebabkan oleh diameter pori dan bentuk silinder yang sangat terkontrol, periodisitas dan distribusinya. Menggunakan proses anodisasi konvensional, susunan pori-pori cukup tidak teratur, namun Masuda dkk pada tahun 1998, menggunakan proses anodisasi dua langkah mampu menghasilkan struktur pori heksagonal yang sangat teratur dari seperangkat parameter makroskopik yang telah diatur sebelumnya. Parameter makroskopik yang dapat dikontrol ini menentukan struktur skala nano yang dihasilkan yang terbentuk lapisan AAO, sehingga menghasilkan susunan nano yang dapat digunakan dalam berbagai aplikasi nanoteknologi (Poinern et al., 2010).

Struktur nano berpori yang teratur sendiri dapat terbentuk ketika Al dianodisasi dalam media asam tertentu. Dalam mekanisme di balik pertumbuhan struktur nano berpori dan parameter makroskopik yang dapat dikontrol; seperti tegangan, jenis asam dan konsentrasi yang mengontrol pembentukan struktur nano berpori. Struktur nano berpori ini bersifat isolasi listrik, transparan secara optik atau semi-transparan, stabil secara kimiawi, dan bahan biokompatibel (Poinern et al., 2010).

Produk-produk nanoteknologi berbasis *nanostucture material* telah banyak dikaji dan dikembangkan. Beberapa diantaranya adalah *carbon nanotube*, dan *nano porous membrane*. *Carbon nanotube* adalah tabung berorde nanometer yang terbuat dari lembaran jaringan atom-atom karbon berbentuk heksagonal. *Carbon nanotube* ini mempunyai sifat yang sangat menarik. *Carbon nanotube* ini mempunyai kapasitas untuk membawa satu miliar ampere/cm² sementara kabel tembaga akan terbakar pada satu juta ampere/cm².

Carbon nanotube mempunyai kekuatan 20 kali lipat dibandingkan baja namun lebih ringan dari pada aluminium. Selain itu, *carbon nanotube* juga mempunyai sifat listrik yang terentang dari konduktor hingga semikonduktor. Sehingga material ini dapat digunakan aplikasi *energy storage*, *transistor*, *nanoprobe*, sensor, *microchip* dan *material* (Anton et al., 2008).

Fu dan He (2008) pada aluminium ini mempunyai sifat hidrofilik dengan sudut kontak air terhadap permukaan sekitar 82,12. Setelah dimodifikasi dengan DTS, sudut kontak air terhadap permukaan meningkat menjadi 98,68. Untuk mendapatkan sudut kontak yang besar (lebih dari 150°), kekasaran permukaan disesuaikan untuk memperkuat hidrofobisitas. Pada ada 3 sampel material yang digunakan dengan 3 jenis metode yang berbeda, yaitu *roughening* mekanis kertas abrasif metalografi, etsa kimia dengan larutan Cu (NO₃)₂ dan HNO₃, dan kombinasi *roughening* mekanis dan etsa kimia.

Saffari dkk (2018) membuat material hidrofobik menggunakan perlakuan *anodizing* tunggal. Dalam penelitian ini *anodizing* tunggal digunakan untuk menghasilkan struktur nano pada substrat Al. bahan yang digunakan adalah Al (1050), air deionisasi, etanol (99%), aseton (99%), asam nitrat (65%), asam sulfat (98%), natrium hidroksida dan asam stearat. Sampel dengan ukuran 20x20 mm yang dipoles menggunakan amplas 400, 800, 1200 dan 2000 yang bertujuan untuk menghilangkan substrat asing pada permukaan, kemudian dibersihkan menggunakan *ultrasonic cleaner* dengan aseton selama 10 menit, dan dibilas dengan air deionisasi.

Berdasarkan uraian diatas, maka penulis bermaksud meneliti dengan judul:” **ANALISA PENGARUH VARIASI PERLAKUAN ANODISASI TERHADAP KARAKTERISTIK PEMBENTUKAN LAPISAN FILM PADA PERMUKAAN ALUMINIUM FOIL**”

1.2 Rumusan masalah

1. Bagaimana pengaruh tegangan pada proses anodisasi terhadap struktur mikro lapisan oksida aluminium foil ?
2. Bagaimana pengaruh tegangan pada proses anodisasi terhadap kekuatan tarik aluminium foil?
3. Bagaimana pengaruh tegangan pada proses anodisasi terhadap profil temperatur permukaan aluminium foil?
4. Bagaimana pengaruh tegangan pada proses anodisasi terhadap *wettability* aluminium foil ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah

1. Menganalisis pengaruh tegangan pada proses anodisasi terhadap struktur mikro lapisan oksida aluminium foil
2. Menganalisis pengaruh tegangan pada proses anodisasi terhadap kekuatan tarik aluminium foil
3. Menganalisis pengaruh tegangan pada proses anodisasi terhadap profil temperatur permukaan aluminium foil
4. Menganalisis pengaruh tegangan pada proses anodisasi terhadap *wettability* aluminium foil

1.4 Batasan Masalah

Beberapa Batasan masalah yang perlu diperhatikan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bahan yang di gunakan adalah aluminium foil dengan ketebalan 0,2 mm, lebar 30 mm dan panjangnya 60 mm.
2. Variasi tegangan pada proses *anodizing* 5 volt, 6 volt, 7 volt, dan 8 volt.
3. Variasi waktu proses *anodizing* yaitu 30 menit, 40 menit, 50 menit, dan 60 menit
4. Jarak antara anoda-katoda yaitu 5 cm
5. Temperatur anodisasi yang digunakan temperatur ruangan.
6. Larutan elektrolit yang digunakan Asam Sulfat (H_2SO_4) dengan konsentrasi 2 M

7. Hasil yang akan diperoleh morfologi permukaan, uji profil temperatur permukaan aluminium, mampu basah (*wettability*), dan kekuatan Tarik.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian tersebut dibagi menjadi dua, yaitu sebagai berikut:

1. Manfaat Langsung

Sebagai wadah pengaplikasian pengetahuan yang dimiliki, khususnya dalam bidang ilmu material,

2. Manfaat Tidak Langsung

Secara tidak langsung, penelitian ini diharapkan dapat menemukan perlakuan *anodizing* yang tepat pada bahan aluminium sehingga dapat diterapkan dalam proses fabrikasi yang lebih baik dan sesuai dengan standar yang dibutuhkan dan sebagai bahan referensi tambahan bagi penelitian dan pengembangan untuk metode *anodizing* selanjutnya.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika dalam penulisan skripsi ini adalah:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang penelitian secara umum, yang meliputi latar belakang, rumus masalah, tujuan penelitian, batas masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang teori-teori pendukung

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang data-data penelitian, analisa dan pembahasan dari data-data penelitian tersebut.

BAB V KESIMPULAN

Berisi kesimpulan dari penelitian yang dilakukan

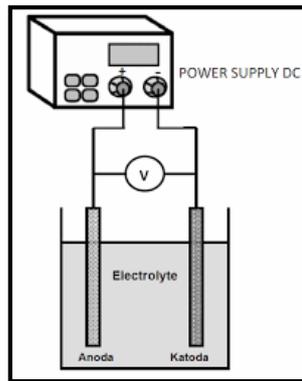
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Anodisasi

Anodizing adalah proses pelapisan secara elektrokimia yang bertujuan untuk mempertebal atau memperkuat lapisan protektif alami pada logam. Melalui proses elektrokimia ini akan terbentuk lapisan oksida berpori yang memungkinkan untuk dilakukan proses sekunder yaitu pewarnaan. Proses *anodizing* ini dapat meningkatkan keandalan dari permukaan material serta dapat meningkatkan ketahanan terhadap korosi. Aluminium merupakan logam yang sering di *anodizing*. Logam *non-ferrous* lain yang biasa di *anodizing* adalah Magnesium dan Titanium (Fitrahuddin, 2009).

Anodisasi digunakan pertama kali dalam skala industri pada tahun 1923 untuk melindungi pesawat terbang air dari korosi. Anodisasi ini menggunakan larutan asam kromat yang disebut *Bengough-Stuart*. Proses ini terus berkembang dengan penggunaan variasi larutan anodisasi. Tahun 1927, Gower dan O'Brien melakukan proses anodisasi dengan larutan asam sulfat untuk pertama kalinya. Hingga kini asam sulfat merupakan larutan elektrolit yang paling umum digunakan untuk proses anodisasi.

Logam yang paling banyak digunakan untuk anodisasi adalah aluminium. Logam ini mudah beraksi dengan oksida untuk membentuk lapisan oksida yang tipis (Al_2O_3) di permukaannya. Lapisan oksida ini mempunyai titik leleh $2050^{\circ}C$ dan lebih keras dari logam induknya. Lapisan oksida yang terbentuk secara alami mempunyai ketebalan dari logam induknya. Lapisan oksida yang terbentuk secara alami mempunyai ketebalan sekitar 2-3 nm. Sedangkan setelah proses anodisasi, ketebalan lapisan oksida dapat mencapai kurang $0.5\mu m$ hingga $150\mu m$.



Gambar 2. 1 Rangkaian Sel Anodisasi (Anton Dkk,2008)

Proses anodisasi dilakukan dengan sel elektrokimia dimana logam aluminium dijadikan anoda dan logam lain inert dijadikan sebagai katoda. Anoda logam aluminium selanjutnya dihubungkan ke kutub positif dari *trafo DC* sedangkan katoda logam inert dihubungkan ke kutub negatif. Rangkaian tersebut sama dengan rangkaian proses *electroplating*. Perbedaannya adalah proses anodisasi anoda logam akan teroksidasi dan terbentuk lapisan pasif sedangkan pada proses *electroplating* anoda akan teroksidasi dan mengendap pada katoda.

2.2 Klasifikasi Anodisasi

Reaksi dasar dari proses *anodizing* adalah mengubah permukaan aluminium menjadi aluminium oksida dengan menekan bagian logam sebagai anoda dalam elektrolisis.

Ada 2 jenis klasifikasi *anodizing* yaitu berdasarkan:

1. Secara umum, proses anodisasi dibagi menjadi tiga tipe:

1. Tipe I

Tipe ini merupakan asam kromat sebagai larutan elektrolitnya. Proses ini menghasilkan lapisan oksida yang relatif tipis sekitar 0,5–2,5 μm . Proses ini sangat direkomendasikan untuk membuat lapisan pada part dengan desain yang rumit karena sifat elektrolitnya yang relatif tidak korosif. Konsentrasi asam kromat yang digunakan adalah sekitar 3–10% berat.

2. Tipe II

Tipe ini adalah tipe yang paling sering digunakan dengan asam sulfat sebagai larutan elektrolitnya. Proses ini dapat menghasilkan lapisan oksida hingga 25 μ m. Konsentrasi asam sulfat yang digunakan adalah sebesar 12–20% berat.

3. Tipe III

Tipe ini juga menggunakan asam sulfat sebagai larutan elektrolitnya dengan temperatur rendah yaitu antara 0 – 10°C. Lapisan yang dihasilkan umumnya lebih keras (kekerasan Rockwell-C mencapai 70) dan lebih berat daripada proses yang lain. Proses ini menghasilkan ketahanan korosi dan ketahanan abrasi yang baik. Lapisan oksida yang dihasilkan mencapai 100 μ m.

2. Jenis elektrolit yang digunakan

Menurut priyanto (2012), ada 2 jenis anodizing jika dilihat berdasarkan jenis sumber arus yang digunakan antara lain:

1. *Anodizing* arus AC

AC (*alternate current*) *anodizing* adalah *anodizing* yang menggunakan arus bolak-balik. Proses pembentukan oksida pada AC *anodizing* lebih lambat daripada DC *anodizing* karena polaritas positif dan negatif *power supply* bergantian secara cepat. *Anodizing* tipe ini sering digunakan dengan tujuan memperoleh hasil pelapisan dengan kekerasan rendah. Aplikasi *anodizing* tipe ini adalah pada pembuatan aluminium foil. Apabila pembuatan aluminium foil dilakukan menggunakan DC *anodizing*, maka akan diperoleh hasil *anodizing* dengan kekerasan tinggi yang mengakibatkan aluminium foil akan patah jika ditekuk atau di rol. Apabila pembuatan aluminium foil ini dilakukan dengan menggunakan AC *anodizing* maka akan diperoleh aluminium foil dengan sifat tahan tekuk dan rol.

2. *Anodizing* arus DC

DC (*direct current*) *anodizing* adalah *anodizing* yang menggunakan arus searah. Proses pembentukan oksida pada DC *anodizing* lebih cepat daripada AC *anodizing* karena polaritas positif

power supply selalu berada pada benda kerja. *Anodizing* tipe ini sering digunakan dengan tujuan memperoleh hasil pelapisan dengan kekerasan tinggi.

2.3 Asam Sulfat (H₂SO₄)

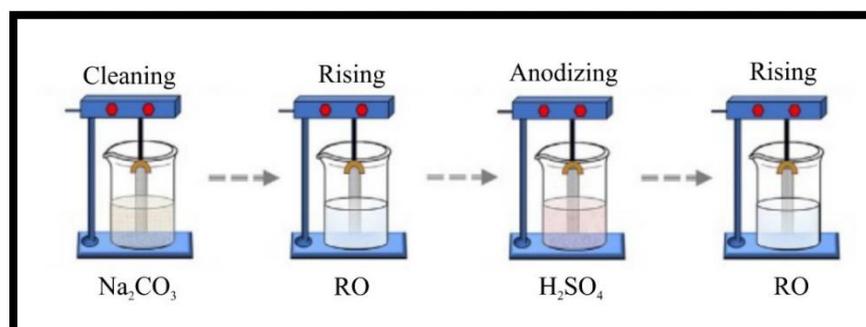
Asam sulfat (H₂SO₄) merupakan asam kuat, dimana sangatlah korosif. Asam ini larut dalam air pada semua jenis konsentrasinya. Saat asam ini dilarutkan dalam air, asam akan terionisasi, melepaskan ion hidrogen dan ion dari non logam atau pun ion non logam poliatomik. Sebagai contoh, saat asam sulfat dilarutkan dengan air, asam akan terionisasi membentuk ion hidrogen dan ion sulfat dengan reaksi sebagai berikut:



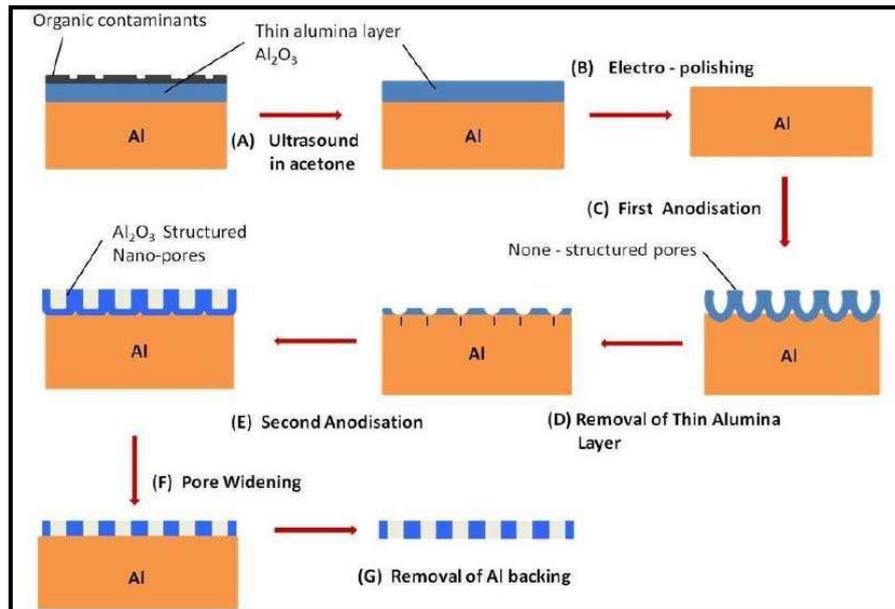
Dalam aplikasi anodisasi asam sulfat sering digunakan untuk menghasilkan berbagai jenis karakterisasi produk anodisasi. Lapisan anodisasi hasil asam sulfat memiliki karakteristik ketebalan dan kekerasan yang tinggi pada proses *hard coating* (temperatur 0 – 1000C).

2.4 Proses Anodisasi

Anodizing adalah sebuah proses elektrokimia yang bertujuan untuk menghasilkan lapisan aluminium oksida di permukaan aluminium foil dengan perantara elektrolit. Konsentrasi elektrolit yang digunakan yaitu 2 M. Aluminium foil atau anoda dipasang pada kutub positif (+) dan katoda (-) berupa lembaran aluminium atau bisa juga menggunakan timbal dan karbon.



Gambar 2. 2 Proses Anodizing



Gambar 2. 3 Skema proses anodisasi dua langkah (Poinern et al., 2010)

Membrane AAO dapat diproduksi menggunakan proses anodisasi satu, dua atau tiga langkah. Pada susunan pori/sel yang sangat teratur dihasilkan dari sifat acak dari mekanisme pembentukan awal. Penelitian yang dilakukan oleh Musada dan Fukuda pada tahun 1998 menggunakan struktur heksagonal yang sangat teratur hanya dapat dicapai di bawah parameter *anodizing* tertentu dan pembentukan membrane AAO mengikuti mekanisme pertumbuhan yang mampu menunjukkan susunan pori yang ideal ditandai dengan periode anodisasi yang diperpanjang inilah pori-pori mampu menyesuaikan diri dari posisi inisiasi acaknya. Untuk meningkatkan terbentuknya pori/sel pada antarmuka oksida/elektrolit, proses anodisasi dua langkah dikembangkan lebih lanjut oleh Masuda dan Satoh. Proses ini memungkinkan pembuatan pori/sel yang terbentuk padat, sangat teratur dan saluran pori lurus dan paralel. Gambar 2.3 menyaksikan skema proses anodisasi dua langkah. Struktur inilah yang baru-baru ini menerima minat yang kuat untuk kemungkinan aplikasi dalam pembuatan bahan nano beberapa aplikasi ini akan diuraikan dalam bagian 4. Penyempurnaan lebih lanjut dalam proses anodisasi telah memungkinkan Ho bola polistiren rakitan sendiri telah diletakkan di permukaan substrat untuk menentukan lokasi situs inisiasi selama tahap anodisasi pertama. Selama

langkah kedua, pori/sel yang berbentuk padat, sangat teratur dan saluran pori lurus dan paralel. (Poinern et al., 2010)

Tabel 2. 1 Parameter Anodisasi dua langkah yang umum untuk elektrolit pembentuk berpori

Elektrolit	Konsentrasi (M)	Potensi (V)	Anodisasi Pertama (Jam)	Anodisasi ke-2 (Jam)
Asam Sulfat	0,3	24	5	3
Asam Oksalat	0,3	30	8	5
Asam Oksalat	0,3	60	4	3
Asam Fosfat	2,5	60	8	5

1. *Cleaning* (Pembersihan).

Cleaning merupakan proses untuk membersihkan bagian yang akan dianodisasi agar diperoleh hasil akhir yang memuaskan. Komposisi cairan *cleaning* berupa detergen murni (Na_2CO_3) dengan konsentrasi larutan. Bagian yang telah di *cleaning* tidak boleh disentuh dengan menggunakan tangan karena dapat mengakibatkan kotoran dan lemak menempel lagi.

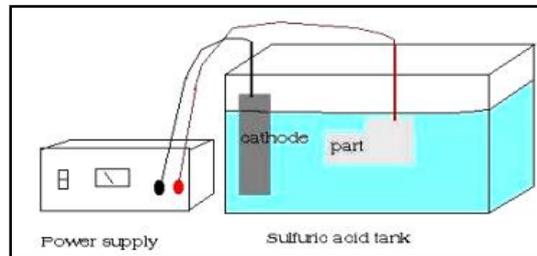
2. *Rinsing cleaning*

Proses *rinsing cleaning* adalah proses pembersihan benda kerja aluminium setelah proses *cleaning* dengan menggunakan air RO dari bahan kimia yang menempel pada permukaan aluminium foil.

3. *Anodizing*

Anodizing adalah proses pelapisan secara elektrokimia yang membentuk lapisan oksida pada permukaan aluminium. logam aluminium yang akan di *anodizing* dicelupkan ke dalam larutan elektrolit berupa asam sulfat (H_2SO_4) dengan konsentrasi 40% dan aquades 60%. lalu dialirkan arus listrik searah melewatinya. Aluminium dihubungkan dengan arus positif (+) yang bertindak sebagai anoda. Sedangkan yang bertindak sebagai katoda antara lain; timbal, aluminium, maupun grafit, namun yang paling umum digunakan adalah aluminium. Arus yang melewati bagian aluminium yang akan di *anodizing* mengakibatkan permukaan aluminium (anoda) teroksidasi membentuk aluminium

oksida. Lapisan oksida berbentuk seperti struktur sarang lebah (*honeycomb*) yang memiliki banyak pori-pori berukuran mikroskopis.



Gambar 2. 4 Rangkaian Proses Anodizing (Sipayung,2008)

2.5 Fungsi dari Proses Anodisasi:

1. Meningkatkan ketahanan korosi.

Lapisan oksida yang terbentuk pada permukaan aluminium hasil anodisasi bersifat tahan terhadap korosi dan mampu menahan serangan atmosfer di lingkungan asam. Lapisan oksida melindungi logam yang ada di bawahnya dengan bertindak sebagai penghalang (*barrier*) dari serangan seperti lingkungan yang korosif.

2. Meningkatkan sifat adhesif.

Lapisan tipis hasil proses anodisasi yang menggunakan asam sulfat dapat meningkatkan kekuatan ikatan dan ketangguhan yang biasanya digunakan pada industri pesawat terbang.

3. Isolator listrik.

Lapisan oksida memiliki resistivitas yang tinggi khususnya lapisan oksida dengan pori tertutup.

4. Dapat digunakan sebagai pelapis untuk katoda.

Dalam proses menghasilkan lapisan oksida, aluminium yang bertindak sebagai anoda akan mengalami reaksi reduksi yang sekaligus melapisi katoda. Walaupun proses pelapisan selesai, aluminium hasil anodizing dapat digunakan berkali kali sebagai anoda dikarenakan pori dari lapisan oksida dapat mendukung proses *electroplating*.

5. Aplikasi dekorasi / tampilan.

Pada permukaan logam, lapisan oksida yang terbentuk memiliki tampilan yang mengkilap, dimana pada aluminium tampilan oksida yang

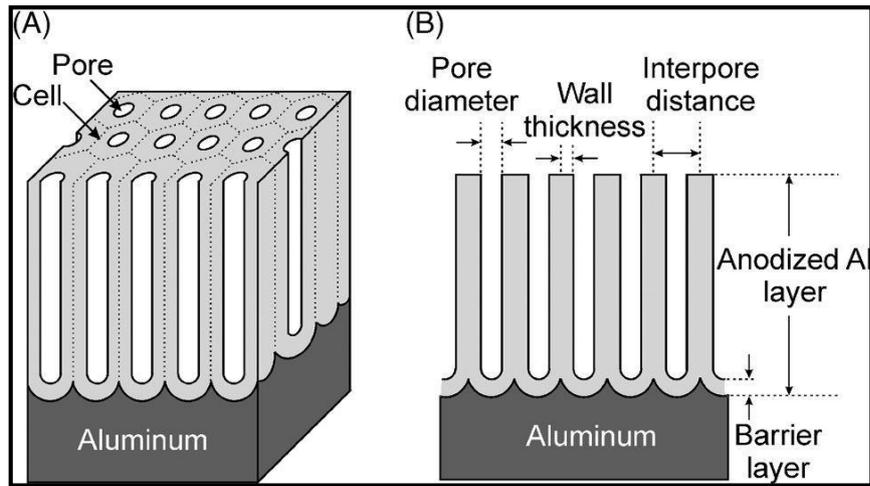
alami sangat diinginkan. Selain itu, lapisan oksida yang dihasilkan dapat menyerap zat pewarna yang dapat memperbaiki fisik aluminium.

6. Aluminium yang di anodisasi secara umum dapat menjadi material yang aman untuk diaplikasikan sebagai kemasan makanan dan minuman maupun penggunaan medis.

2.6 Pembentukan Lapisan Oksida Aluminium

Secara umum terdapat dua tipe lapisan oksida aluminium yaitu: (a) tipe lapisan *barrier* dan (b) tipe lapisan *porous*. Lapisan *barrier* adalah lapisan yang kompak, non-porous, dan bersifat isolator. Sedangkan lapisan *porous* adalah lapisan yang berpori baik teratur maupun tidak dengan lubang-lubang yang terbentuk di dalam sel-sel oksida. Perbedaan tipe lapisan terbentuk sangat dipengaruhi oleh jenis larutan. Tipe lapisan *barrier* terbentuk pada larutan elektrolit yang tidak melarutkan dengan pH mendekati netral yaitu antara 5-7. Larutan yang dapat digunakan untuk membentuk tipe *barrier* ini adalah asam borat, ammonium borat, dan ammonium tartrate. Sedangkan lapisan *porous* terbentuk pada larutan elektrolit yang cenderung melarutkan seperti larutan asam sulfat, asam oksalat, asam kromat, dan asam fosfat.

Struktur tipe lapisan *porous* sangat menarik untuk diteliti secara ilmiah terutama karena potensi kegunaannya untuk aplikasi dalam nanoteknologi. Struktur lapisan *porous* dengan keteraturan tinggi sering dikarakterisasi menjadi beberapa parameter diantaranya ketebalan pori, ketebalan dinding, ketebalan lapisan barrier, dan jarak antar pori.



Gambar 2. 5 Penampang melintang AAO dengan beberapa parameter untuk karakterisasi (Poinern et al., 2010)

Dalam kinetika pembentukan tipe lapisan porous, lapisan barrier akan terbentuk terlebih dahulu sebelum terbentuknya lapisan porous. Pertumbuhan oksida terjadi pada persinggungan logam/oksida dan oksida/elektrolit. Pertumbuhan ini terjadi karena gerakan ion-ion karena pengaruh medan listrik. Pada persinggungan logam/oksida, pertumbuhan terjadi karena adanya gerakan kedalam dari anion yang mengandung oksigen ($\text{OH}^- \text{O}^{2-}$). Sedangkan pertumbuhan pada persinggungan oksida/elektrolit terjadi karena adanya gerakan keluar dari kation Al^{3+} .

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

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

Selama proses oksidasi anoda permukaan aluminium diubah menjadi oksida aluminium. Dimana asam sulfat yang digunakan haruslah asam pekat,

serta asam tersebut menjadi oksidator. Ketebalan oksida kurang lebih dua kali aluminium yang hilang. Beberapa manfaat dari oksidasi anoda aluminium antara lain meningkatkan ketahanan mempengaruhi ketebalan lapisan. Sedangkan waktu proses divariasikan juga karena waktu proses juga berpengaruh pada ketebalan dan kecerahan lapisan. Pengujian iluminasi cahaya digunakan selain untuk melihat nilai kecerahannya juga dapat menilai kerataan (kehalusan) permukaan dari lapisan tersebut karena kecerahan berhubungan langsung dengan kerataan permukaan (I Gst. Ngr. Nitya Santhiarsa,2010).

Anodisasi aluminium adalah metode elektrokimia untuk mengubah aluminium menjadi oksida aluminium (Al₂O₃) pada permukaan yang akan dilapisi. Hal ini dapat dicapai dengan membuat benda kerja sebagai anoda yang kemudian dicelupkan dalam sel elektrolit yang sesuai. Walaupun sebagian logam dapat dianodisasi, termasuk aluminium, titanium dan magnesium, tetapi hanya aluminium yang banyak digunakan dalam industri anodisasi. Mekanisme dari proses anodisasi merupakan pembentukan lapisan oksida, yang membuat proses ini mirip dengan proses mekanisme korosi pada logam. Dapat dilihat pada diagram Pourbaix aluminium bahwa pada pH dan potensial tertentu dari logam aluminium mampu teroksidasi menjadi bentuk ion sehingga logam ini dapat berikatan dengan oksigen serta membentuk lapisan oksida.

Reaksi pembentukan lapisan oksida pada aluminium adalah:



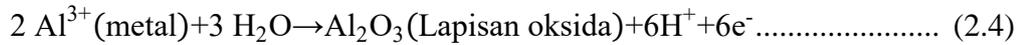
Logam aluminium pada sel anodisasi diposisikan sebagai anoda sehingga pada akhirnya logam inilah yang akan teroksidasi. Katoda yang digunakan adalah elektroda *inert*. Katoda dan anoda dicelupkan ke dalam larutan elektrolit yang bersifat asam maupun basa, hal ini dimaksudkan agar pH aluminium berada pada daerah yang rentan terhadap proses oksidasi. Agar terjadi aliran arus pada sel percobaan, maka katoda dan anoda dihubungkan pada sumber arus searah (DC) yaitu *rectifier*, dimana aluminium dihubungkan dengan kutub positif dan katoda berupa elektroda *inert* dihubungkan pada kutub negatif. Pada saat *rectifier* diaktifkan, maka arus akan mengalir dari kutub positif dan hal ini

akan menyebabkan terjadinya pelepasan elektron pada aluminium, yang menyebabkan aluminium teroksidasi dan berikatan dengan oksigen serta membentuk lapisan oksida (Bambang Wahyu Sidharta, 2014).

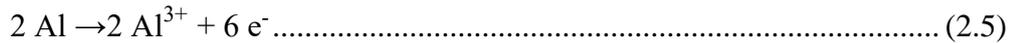
Reaksi yang terjadi pada anoda: Reaksi pada logam/oksida:



Reaksi pada oksida/elektrolit:



Total reaksi pada anoda:



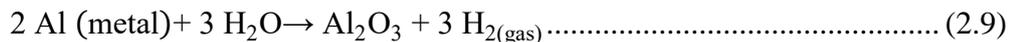
Pada persinggungan oksida/elektrolit akan terjadi elektrolit air dengan reaksi:

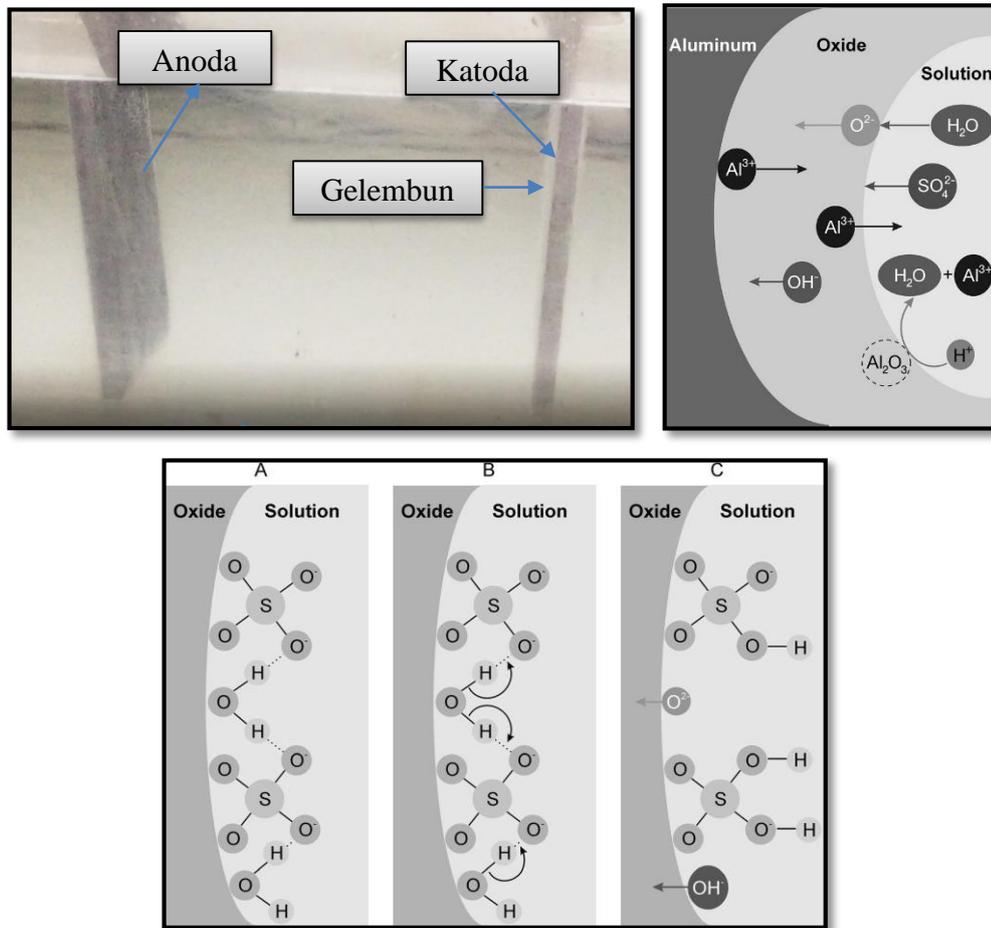


Sedangkan reaksi yang terjadi pada katoda adalah:



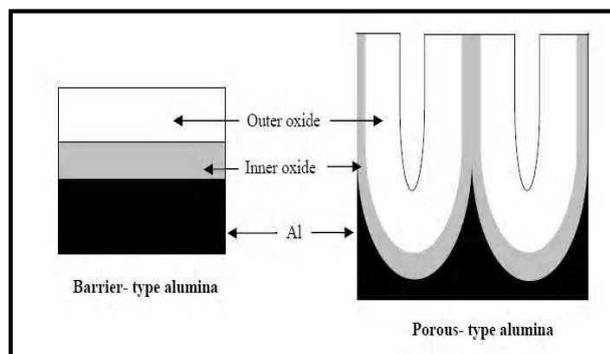
Sehingga total reaksi yang terjadi pada proses anodisasi adalah:





Gambar 2. 6 Ilustrasi transport ion ke lapisan oksida (Anton et al., 2008)

Terbentuknya lapisan oksida pada permukaan logam yang dianodisasi bergantung pada jenis elektrolit yang digunakan, lapisan dasar oksida (*barrier type oxide film*) anodisasi. Lapisan oksida yang dihasilkan mempunyai struktur yang *porous* atau berpori dengan bentuk struktur heksagonal, dengan pori yang terdapat di tengah. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6

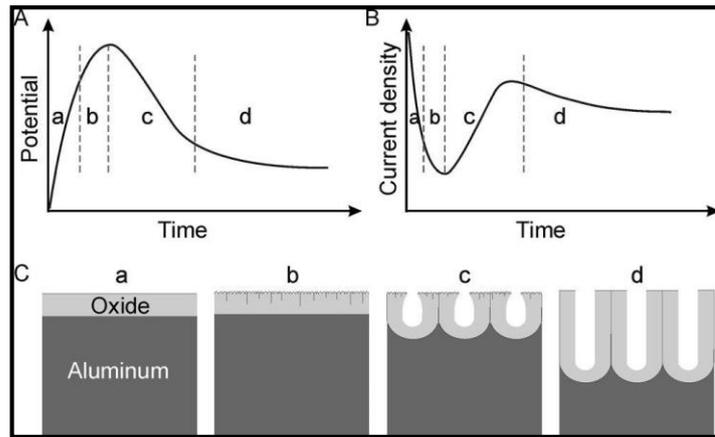


Gambar 2. 7 Skema Lapisan Pori hasil anodisasi (Rohman,2012)

Lapisan dasar merupakan lapisan yang tipis dan padat, yang berfungsi sebagai lapisan antara lapisan pori dan logam dasar (*base metal*). Lapisan tersebut memiliki sifat yang melindungi dari korosi lebih lanjut dan tahan terhadap arus listrik. Struktur berpori yang timbul pada lapisan oksida merupakan hasil dari kesetimbangan antara reaksi pembentukan dari pelarutan lapisan oksida. Pada awalnya lapisan pori yang berbentuk silinder memanjang namun karena kemudian bersentuhan dengan oksida-oksida lainnya yang berbeda di sisi-sisinya, maka lapisan oksida tersebut bertransformasi menjadi bentuk saluran heksagonal yang memanjang.

Proses pembentukan lapisan oksida dapat dipelajari dengan memperhatikan dan mengamati perubahan arus pada tegangan anodisasi yang tetap atau perubahan tegangan pada arus tetap. Proses pembentukan lapisan oksida dapat dibagi dalam 4 tahapan, antara lain:

- a. Penambahan *barrier layer* ditandai dengan penurunan arus yang mengalir. *Barrier layer* ini merupakan lapisan oksida aluminium yang menebal akibat adanya reaksi oksida pada permukaan logam. Akibat adanya penebalan maka hambatan yang ditimbulkan menjadi lebih besar. Hal inilah yang menimbulkan penurunan arus selama pembentukan *barrier layer*.
- b. Setelah *barrier layer* menebal, mulai muncul benih-benih dekat batas antara oksida dan larutan. Pada tahapan ini terjadi penurunan arus pada sistem dan akan mencapai titik minimum saat tahapan ini berdiri.
- c. Inisiasi pori yang terbentuk menjadi awal pembentukan struktur oksida berpori. Bentuk pori pada tahapan ini tidak sempurna dan terjadi peningkatan arus yang mengalir pada sistem.
- d. Arus yang mengalir pada sistem akan terus meningkat dengan semakin sempurnanya morfologi lapisan oksida. Peningkatan ini terjadi pada suatu saat arus yang mengalir akan konstan saat struktur berpori telah terbentuk sempurna. Seperti ditunjukkan pada



Gambar 2. 8 Tegangan dan arus yang terjadi pada pembentukan lapisan oksida *anodizing* (Yerokhin, 2010)

Hasil dari oksida anodic tergantung dari beberapa faktor, terutama elektrolit (komposisi, konsentrasi, dan temperatur) dan juga kondisi elektrolit (arus dan tegangan). Proses berikut dapat terjadi di anodic jika:

1. Jika produk reaksi anodic tidak larut dalam elektrolit, lapisan pembatas kuat yang mudah menempel terbentuk pada aluminum. Lapisan perbatas akan terus tumbuh hingga hambatannya mencegah arus sampai ada anoda. Lapisan ini sangat tipis dan padat. Jenis lapisan ini dapat terbentuk pada pH yang relatif netral, juga pada elektrolit jenis borat dan tartrat. Lapisan jenis ini juga terbentuk pada tegangan yang relatif tinggi, biasanya jenis anodizing ini digunakan untuk produksi kapasitor pada industri elektrolit.
2. Jika produksi reaksi sedikit larut pada elektrolit, lapisan yang mudah menempel seperti poin (i) terbentuk, tetapi pertumbuhan lapisan disertai dengan pelarutan local, yang akan memproduksi susunan pori pada lapisan. Lapisan ini meneruskan aliran arus dan pertumbuhan lapisan. Elektrolit yang digunakan untuk jenis lapisan ini biasanya asam termasuk asam sulfat, asam fosfat, asam kromat dan asam oksalat. Lapisan ini dibentuk untuk memperbaiki adhesi dari cat, pernis dank arena jenis lapisan ini sangat keras dan

tebal (micron), lapisan ini digunakan untuk kegunaan dekorasi dan proteksi.

3. Jika produk reaksi sedikit banyak larutan pada elektrolit, electropolishing logam aluminium dapat dilakukan pada kondisi ini, jika elektrolit yang tepat digunakan.
4. Jika produk reaksi seluruhnya larut elektrolit, logam akan larut sehingga larutan menjadi jenuh. Jenis seperti ini terjadi pada beberapa asam dan basa anorganik kuat yang digunakan untuk manufaktur elektrokimia logam aluminium.

2.7 Faktor yang Mempengaruhi Anodisasi

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi pembentukan lapisan oksida aluminium. Faktor-faktor yang mempengaruhi diantaranya adalah jenis dan paduan aluminium, jenis dan konsentrasi elektrolit, tegangan dan rapat arus, waktu, dan temperatur anodisasi. Faktor-faktor tersebut akan mempengaruhi sifat pada struktur lapisan oksida seperti kekerasan maupun ketebalan lapisan oksida.

1. Jenis dan paduan aluminium

Penampilan dan performa lapisan anodik hasil anodisasi berhubungan erat dengan tipe paduan dan sifat metalurginya. Ukuran, bentuk, dan distribusi senyawa intermetalik mempengaruhi sifat lapisan anodik hasil anodisasi. Komposisi paduan begitu penting untuk memperoleh tampilan menarik seperti bright anodizing. Lapisan anodik 99,99% aluminium akan terlihat terang dan transparan. Sedangkan pada paduan AA-1050, lapisan anodik sedikit kelabu dibandingkan dengan yang lebih murni.

2. Jenis dan konsentrasi elektrolit

Jenis elektrolit sangat berpengaruh terhadap ketebalan dan kekerasan lapisan oksida yang dihasilkan. Stevenson (1990) menyebutkan ada tiga tipe dalam proses anodisasi yaitu chrom proses, asam sulfat proses, dan proses anodisasi keras. Konsentrasi larutan adalah hal yang harus ditentukan setelah pemilihan jenis

elektrolit itu sendiri. Hal ini sangat berhubungan dengan sifat dari larutan yang akan digunakan untuk proses anodisasi. Apabila menggunakan jenis larutan yang bersifat reaktif, maka tidak perlu konsentrasi yang tinggi. Karena semakin tinggi konsentrasi larutan yang digunakan maka ketebalan lapisan oksida yang dihasilkan akan menurun (Sulistijono, 2006). Hal ini sebabkan konsentrasi yang terlalu tinggi, maka lapisan oksida semakin menebal dan tingkat *weight loss* pun meningkat sehingga base metal dapat semakin terkikis lalu habis. Apabila hal ini terus terjadi lama kelamaan material tidak tersisa dan hanya lapisan oksida saja, yang berarti lapisan tersebut tidak bertindak sebagai pelapis logam melainkan berubah menjadi material dasarnya.

3. Tegangan dan rapat arus

Tegangan dan rapat arus merupakan dua faktor yang berbanding linear pada aplikasinya. Rehim, dkk (2002) menyebutkan peningkatan tegangan maka rapat arus juga akan meningkat dan sebaliknya. Sehingga pada penelitian sederhana biasanya digunakan salah satu faktor saja yang menjadi variabel, sedangkan faktor lain dianggap sebanding.

4. Waktu Anodisasi

Penambahan waktu pada proses anodisasi menjadikan pembentukan lapisan oksida meningkat. Masuda dan Fukuda (1995) mendeskripsikan bahwa waktu merupakan salah satu faktor yang cukup penting dalam anodisasi terutama dalam pembentukan pori yang teratur.

5. Temperatur anodisasi

Temperatur anodisasi akan berpengaruh terhadap kualitas dan kekerasan lapisan oksida. Penurunan temperatur akan menyebabkan peningkatan kekerasan. Aerts et al., (2007) melaporkan bahwa peningkatan temperatur menyebabkan penurunan nilai kekerasan pada lapisan oksida.

2.8 Keuntungan dan Kelemahan Anodisasi

1) Keandalan

Pada umumnya produk yang mengalami anodisasi memiliki umur pakai yang lebih lama dan memiliki keandalan yang baik. Hal ini merupakan implikasi positif dari sifat lapisan yang terikat dengan kuat dengan substrat logam dasarnya.

2) Stabilitas Warna

Warna yang diaplikasikan pada lapisan hasil anodizing tahan terhadap sinar ultraviolet sehingga tidak mudah pudar.

3) Estetika

Anodizing dapat menghasilkan warna kilap yang sangat baik dan warna yang menarik. Tidak seperti proses surface treatment lainnya, anodizing tetap mengizinkan mempertahankan tampilan logam dasarnya.

4) Biaya

Untuk jangka panjang, anodizing merupakan pilihan surface treatment yang dapat memberikan nilai awal dan perawatan yang lebih rendah dibanding surface treatment yang lain.

5) Kesehatan dan Keselamatan

Proses anodizing menghasilkan permukaan berupa lapisan oksida yang efeknya tidak berbahaya terhadap lingkungan.

6) Mudah terdeformasi dan mempunyai nilai kekerasan dan ketahanan aus yang rendah

7) Kemudahan perawatan

Goresan dan cacat pada permukaan akibat logam melewati proses produksi, pemindahan, instalasi, atau bahkan kesalahan akibat pembersihan yang terlalu sering bukanlah suatu masalah besar. Goresan maupun cacat tersebut dapat segera dihilangkan dengan menggunakan sabun dan air yang dapat mengambilkan permukaan logam seperti semula. Untuk mendapatkan yang lebih sulit dapat digunakan *mild abrasive cleaners*.

2.9 Aplikasi

Pada proses finishing *anodizing* telah menjadi aluminium sebagai bahan yang paling banyak digunakan dalam tabel periodik. Karena nilai estetikanya yang ramah lingkungan dan bahan yang digunakan mudah di dapat. *Anodizing* banyak digunakan di berbagai bidang seperti pembuatan perangkat keras komputer, pembuatan instrument ilmiah, dan peralatan rumah tangga dan bangunan.

2.9.1 Nano Teknologi

Perkembangan ilmu dan teknologi nano saat ini berkembang sangat pesat. Jumlah penelitian ilmiah, publikasi dan paten di bidang nanoteknologi meningkatkan dengan tajam. Hal ini sangat berkaitan dengan semakin meningkatnya permintaan untuk produk dengan spesifikasi yang unggul namun ringan dan memiliki kecenderungan menuju dimensi yang semakin kecil.

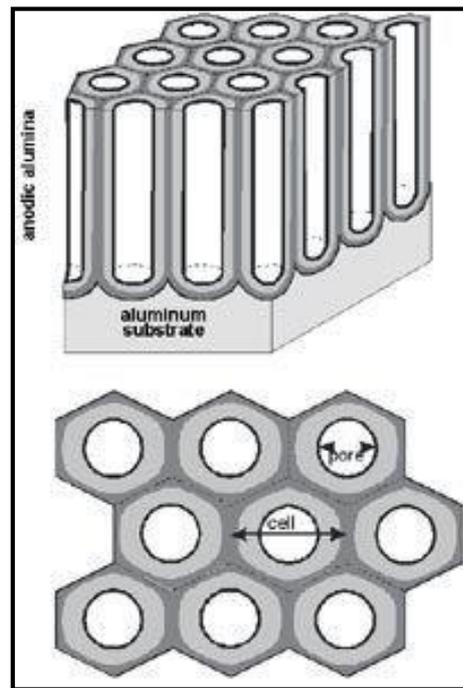
Nano material secara tidak disadari sebenarnya telah digunakan sejak zaman pertengahan. Penggunaan konsep nanoteknologi pertama kali disampaikan oleh seorang fisikawan bernama Richard Feynman dalam orasi ilmiah yang berjudul “*There’s Plenty of Room at the Bottom*” pada pertemuan *America Physical Social* di Caltech tahun 1959. Dalam pertemuan tersebut Feynman memprediksi bahwa kemampuan untuk memanipulasi per satuan atom atau molekul akan berkembang.

Dalam pengembangannya nanoteknologi banyak bersinggungan dengan disiplin ilmu yang lain. Beberapa diantaranya yaitu fisika, kimia, biologi, kedokteran, dan kelistrikan. Selain itu saat ini prospektif nanoteknologi mencakup bidang sangat luas seperti elektronika, militer, energi dan lingkungan, makanan, material, kimia dan kosmetik, kedokteran dan pertanian (Anton et al., 2008).

2.9.2 Nano Porous Aluminium Oxide

Salah satu kajian nanoteknologi yang saat ini banyak mendapat perhatian adalah pembuatan *nano porous aluminium oxide*.

Nanoporous aluminium oxide atau biasa juga disebut *anodic aluminium oxide* (AAO) adalah lapisan alumina berstruktur pori dalam orde nanometer yang tersusun dari proses sel elektrolisis/anodizing. Lapisan alumina tersebut dapat terbentuk dengan struktur yang seragam dan teratur pada kondisi temperature, tegangan, jenis larutan dan konsentrasi larutan tertentu.



Gambar 2. 9 Struktur nanoporous aluminium oxide(Anton et al., 2008)

Pelapisan oksida anodisasi untuk aluminium dan paduannya telah dimulai pada awal abad ke-20 yang umumnya digunakan untuk proteksi dan *finishing* permukaan aluminium. Dengan penemuan mikroskop elektron pada tahun 1950 an maka berkembanglah penelitian untuk karakteristik oksida anodisasi. Namun teori pertumbuhan oksida belum dapat dibuktikan secara pasti pada masa ini.

Keller F, M.S. Hunter & D.L. Robinson dalam penelitiannya tahun 1953 telah melaporkan struktur sel oksida anodisasi dengan lengkap dan menyatakan bahwa terdapat hubungan antara tegangan

dan ukuran sel. Tim ini juga telah mendefinisikan sel sebagai sebuah unit area yang mempunyai sebuah lubang.

Selanjutnya berkembanglah penelitian tentang teori pertumbuhan oksida (Hoar & Mott, 1959; O'Sullivan & Wood, 1970; Thompson, 1978). Berkaitan dengan pertumbuhan oksida tersebut Thompson G.E. mendiskusikan dua hal yaitu (1) pertumbuhan oksida aluminium pada persinggungan antara aluminium dan alumina karena transport dari ion Al^{3+} , OH^- , dan O^{2-} dalam lapisan alumina, dan (2) pelarutan dan pengendapan dari oksida aluminium pada daerah persinggungan antara lapisan alumina dan larutan.

2.9.3 Aplikasi Nano Porous Aluminium Oxide

Saat ini *nano porous aluminium oxide* telah banyak dikaji untuk aplikasi produk nanoteknologi karena sifat-sifat yang dimilikinya. Perkembangan *nano porous aluminium oxide* didasarkan pada peningkatan kebutuhan nano material. Hal ini karena peningkatan permintaan material dengan ruang yang kecil namun memiliki karakteristik yang sangat baik dan unggul.

a. Carbon Nanotube

Carbon nanotube adalah tabung karbon hexagonal yang berorde nanometer. Sebuah *carbon nanotube* terdiri dari jaringan atom-atom karbon yang tersusun secara hexagonal. Perbandingan diameter dan panjang dari *carbon nanotube* bias mencapai 1:1000. *Carbon nanotube* mempunyai sifat mekanis, elektrik dan termal yang unik. *Carbon nanotube* bisa diaplikasikan untuk perangkat transistor dan *microchip*, *energy storage*, *nanoprobe* dan sensor material komposit.

b. Nano Porous Membrane

Nano porous membrane adalah membrane yang mempunyai diameter pori berukuran nanometer. Lumen *nano porous membrane* digunakan untuk filtrasi dan separasi *nano materials*.

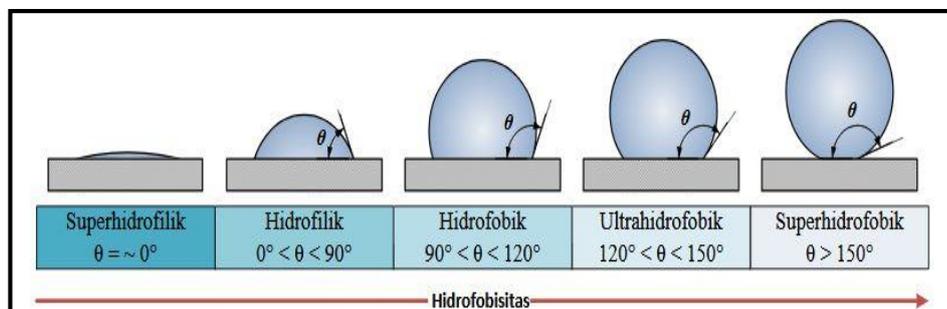
Membrane ini juga bisa dijadikan sebagai *template* untuk membuat nanostruktur seperti *nanodots* dan *nanowires*.

2.10 Uji Metalografi

Analisa mikro adalah suatu analisis mengenai struktur logam melalui pembesaran dengan menggunakan mikroskop khusus *metallography*. Dengan analisis mikro struktur, kita dapat mengamati bentuk dan ukuran pori-pori hasil *anodizing*. Pengamatan *metallography* dengan mikroskop optik dapat dibagi dua, yaitu *metallography* makro yaitu pengamatan struktur dengan perbesaran 10-100 kali dan *metallography* mikro yaitu pengamatan struktur dengan perbesaran diatas 100 kali.

2.11 Uji Wettability

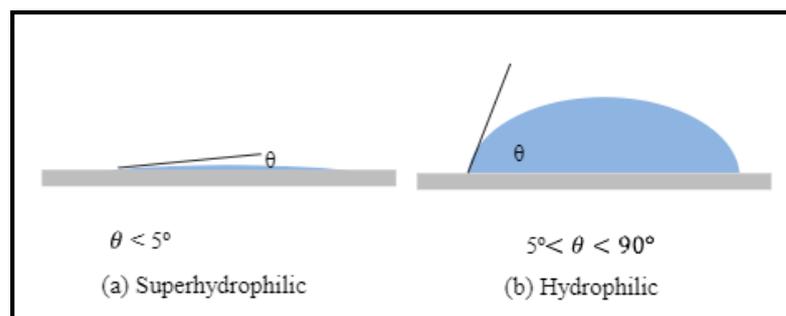
Keterbasahan (*wettability*) adalah kondisi suatu permukaan yang menentukan sejauh mana cairan akan ditarik oleh permukaan, mempengaruhi absorpsi, penetrasi dan penyebaran perekat (Marra, AA., 1992). Dalam material komposit, ikatan antara serat dan matrik akan berpengaruh pada sifat mekanisnya, dimana karakteristiknya melibatkan kemampuan basah serat (*Wettability*). Parameter *wettability* antara lain ditentukan dengan sudut kontak yang terbentuk antara matrik dan permukaan serat serta ikatan antar muka (*interfacial bonding*). Sifat *adhesi* antara serat sebagai penguat dan matrik sangat berpengaruh terhadap sifat mekanis material komposit yang dihasilkan (Bisanda ETN, 2000).



Gambar 2. 10 Sudut kontak air (Wenten dkk, 2015)

Secara umum keterbasahan dibagi menjadi dua yaitu hidrofobik dan hidrofilik. Hidrofilik adalah suatu sifat yang mampu menerima dan menyerap

air (suka air), Sedangkan Hidrofobik adalah suatu sifat yang tidak menerima atau menyerap air (tidak suka air). Untuk dapat memiliki sifat pada alumunium salah satunya dengan cara memadukan unsur lain pada alumunium. Permukaan alumunium (hidrofobik) yang tidak suka air tersebut yang mempengaruhinya adalah komposisi kimia (Alkohol 97% dengan Aquades). Permukaan material yang mempengaruhi Hidrofobik harus sifatnya non polar karena sifat air yang tidak simetri atau polar. Suatu sifat hidrofobik apabila sudut kontak air sekitar $90^0 - 180^0$ sehingga tolakan air menjadi lebih tinggi yang akan menyebabkan kotoran yang terdapat pada permukaan akan teradsorbsi pada air dan tergelincir ke bawah (Li et al., 2014). Hidrofobik juga memanfaatkan energi yang rendah menurunkan nilai *wettability* pada permukaan yang bersifat hidrofobik.



Gambar 2. 11 Sudut kontak superhidrofilik dan hidrofilik (Joko,2017)

2.12 Uji Profil Temperatur Permukaan

Tegangan permukaan atau energi permukaan adalah gaya tarik atau kontraktif yang diberikan dalam satuan N/m. Tegangan permukaan dapat dinyatakan sebagai pekerjaan yang dilakukan untuk membentuk area permukaan baru pada tekanan dan suhu konstan. Tegangan permukaan merupakan kecenderungan zat cair untuk menegang, sehingga terlihat seperti adanya selaput atau lapisan tipis pada permukaan yang dapat menahan benda. Tegangan permukaan ini disebabkan oleh adanya tarik menarik antar molekul yang tidak sejenis, berkebalikan dengan kohesi yang merupakan gaya tarik menarik antar molekul yang sejenis.

Tegangan permukaan dapat digambarkan dengan menggunakan contoh dua bahan berbeda yang saling bersentuhan, seperti padatan dan cair dalam

media intervensi harus dipisahkan. Kekuatan kohesi bekerja untuk memisahkan kedua bahan tersebut. Bila gaya kohesi pada padatan lebih besar dari cairan, maka kedua bahan tersebut tidak akan saling melekat dan cenderung membentuk area permukaan sekecil mungkin. Itulah mengapa tetesan air berbentuk bulat, karena kedua bola merupakan geometri yang paling stabil dan dapat meminimalkan tegangan permukaan.

Secara umum, permukaan yang memiliki tegangan permukaan yang rendah bersifat hidrofobik dan permukaan dengan tegangan permukaan tinggi hidrofilik. Sehingga, penting untuk mengurangi tegangan atau energy permukaan untuk memperoleh sifat pembahasan semacam itu. Adapun gaya yang terukur pada sifat ini merupakan kombinasi dari berbagai jenis interaksi antar molekul seperti gaya van der Waals dan ikatan hidrogen.

Sebelumnya diketahui bahwa semua cairan memiliki energi permukaan, namun sebenarnya setiap permukaan juga memiliki energy permukaan. Ketika tetesan air ditempatkan pada permukaan, beberapa tegangan permukaan antarmuka terbentuk seperti suhu elektrolit juga menyebabkan variasi struktur dan komposisi pada lapisan aluminium anodic oksida, yang mempengaruhi konduktivitas termal. Secara khusus, dianggap bahwa variasi structural yang disajikan dalam hal porositas lebih efektif pada konduktivitas termal daripada komposisi kimia, karena tren variasi konduktivitas termal sehingga.

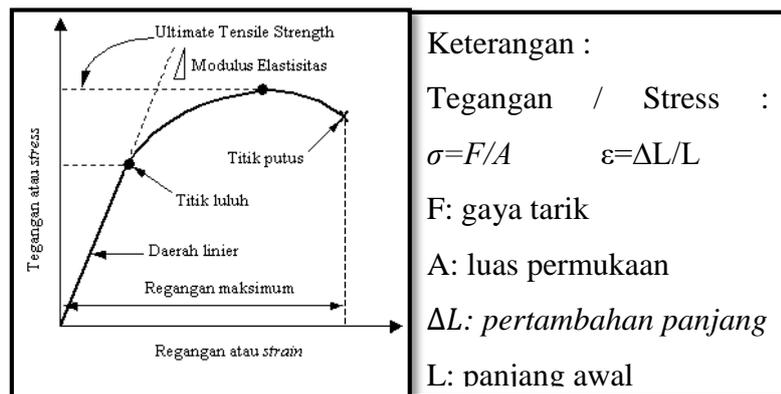
2.13 Pengujian Tarik

Salah satu bentuk dari uji yang sederhana adalah menggunakan lakban atau kertas yang di tempelkan pada benda kerja lalu mencabutnya kembali. Untuk pengukuran berupa visualisasi sehingga *elektroplating* yang baik, tidak akan mudah tertempel pada lakban atau kertas yang diujikan pada benda kerja (Sunarya, 2007).

Pengujian daya rekat dapat dilakukan dengan pengujian tarik pada logam benda kerja. Uji standar dilakukan dengan penambahan tegangan konstan dan diukur dengan tegangan yang dibutuhkan untuk menarik benda kerja tersebut. Ragangan spesifik benda kerja diukur dengan ekstensometer. Seperti hukum Hooke, tegangan sebanding dengan regangannya. Bila benda

kerja terus ditarik hingga putus, maka didapatkan profil tarikan yang lengkap yang berupa kurva seperti digambarkan pada Gambar 2.8 Kurva ini menunjukkan hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang. Profil ini sangat diperlukan dalam desain yang memakai bahan tersebut. Daya rekat aluminium hasil *anodizing* yang baik memberikan kekuatan tegangan-regangan lebih rendah pada pengujian Tarik, karena sifatnya lebih rapuh dikarenakan pori-porinya melebar.

Hubungan Hooke memiliki prinsip: rasio tegangan (*stress*) dan regangan (*stain*) adalah konstan, dimana *stress* adalah beban dibagi luas penampang bahan dan *strain* adalah penambahan panjang dibagi panjang awal bahan.



Gambar 2. 12 Kurva uji Tarik tegangan-regangan (Satanegara,2009)