

SKRIPSI

**ANALISA PENGARUH TEGANGAN PADA PROSES ANODISASI
TERHADAP KARAKTERISTIK LAPISAN PADA PERMUKAAN PLAT
ALUMINIUM**



**OLEH:
ASWAN
D021171014**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2022

SKRIPSI

**ANALISA PENGARUH TEGANGAN PADA PROSES ANODISASI
TERHADAP KARAKTERISTIK LAPISAN PADA PERMUKAAN PLAT
ALUMINIUM**

OLEH :

ASWAN

D021 17 1014

**Merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin**

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

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 dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

JUDUL :

**ANALISA PENGARUH TEGANGAN PADA PROSES ANODISASI
TERHADAP KARAKTERISTIK LAPISAN PADA PERMUKAAN PLAT
ALUMINIUM**

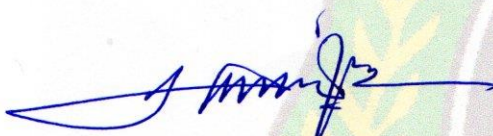
ASWAN


D021 17 1014

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

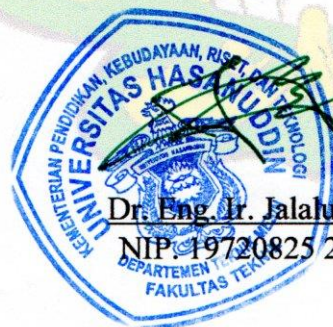
Dosen Pembimbing I


Dosen Pembimbing II


Dr. Hairul Arsyad, ST., MT.
NIP. 19750322 200212 1 001


Dr. Eng. Lukmanul Hakim Arma, ST., MT.
NIP. 19740415 199903 1 001

Mengetahui,
Ketua Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin




Dr. Eng. Jr. Jalaluddin, ST., MT
NIP. 19720825 200003 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Aswan
Nim : D021 17 1014
Program Studi : Teknik Mesin
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

ANALISA PENGARUH TEGANGAN PADA PROSES ANODISASI TERHADAP KARAKTERISTIK LAPISAN PADA PERMUKAAN PLAT ALUMINIUM

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan 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 saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa , 24 Agustus 2022

Yang Menyatakan



Aswan

CURRICULUM VITAE

DATA PRIBADI

Nama : Aswan
Tempat, tanggal lahir : Kajuangin, 26 Februari 2000
Jenis kelamin : Laki - Laki
Kebangsaan : Indonesia
Agama : Islam
Status : Belum Kawin
Pendidikan : SMA Negeri 8 Pinrang
No.HP/WA : 085398463063
Email : aswan.hamal99@gmail.com
Alamat : Kost HJS, Jln Abdul kadir dg suro, Samata, Gowa



RIWAYAT PENDIDIKAN

- MI DDI Kajuangin : 2006 - 2011
- MTs DDI Tuppu : 2011 - 2014
- SMAN 8 Pinrang : 2014 - 2017

RIWAYAT ORGANISASI

- HMM FT-UH

ABSTRAK

Aswan (D021 17 1014). Analisa Pengaruh Tegangan Pada Proses Anodisasi Terhadap Karakteristik Lapisan Pada Permukaan Plat Aluminium. (Dibimbing oleh Dr. Hairul Arsyad, ST., MT dan Dr. Eng. Lukmanul Hakim Arma, ST., MT).

Aluminium merupakan jenis logam yang banyak dipergunakan dalam bidang yang luas seperti dalam alat-alat rumah tangga, konstruksi pesawat terbang, mobil hingga peralatan sehari-hari. Salah satu perbaikan sifat maupun permukaan aluminium bisa dilakukan dengan proses anodisasi yang merupakan proses elektrolisis dengan prinsip dasar pembentukan lapisan oksida secara terkontrol melalui proses reaksi elektrokimia sehingga terbentuk lapisan oksida yang berpori. Dalam penelitian ini variasi tegangan listrik yang digunakan adalah 6V, 9V, 12V, 15V dan 18V sementara waktu proses digunakan 60 menit, dan untuk elektrolit menggunakan H₂SO₄ dengan konsentrasi 2 M, 2,5 M dan 3 M. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis pengaruh tegangan pada proses anodisasi terhadap foto mikro, kekerasan, kekasaran, *wettability* dan kekuatan *bending* lapisan oksida pada plat aluminium.

Dari hasil penelitian didapatkan pada foto mikro permukaan lapisan oksida bahwa semakin tinggi tegangan yang diberikan maka pori yang dihasilkan akan semakin merata pada setiap sisi aluminium. Peningkatan tegangan juga akan meningkatkan kekerasan permukaan aluminium hasil anodisasi, hal ini dibuktikan dengan peningkatan kekerasan permukaan terbesar pada penelitian ini sebesar 152,87 HV. Pada uji kekasaran, kekasaran terbesar terdapat pada tegangan 18 volt dengan kekasaran 3,83 μm , dan pada uji *wettability* didapatkan bahwa pada permukaan aluminium hasil anodisasi merupakan permukaan yang *hydrophilic*, hal ini dibuktikan pada pengukuran sudut kontak, hasil yang didapatkan bahwa sudut kontak antara tetesan air dan permukaan aluminium dibawah 90°. Pada uji *bending*, kenaikan nilai kekuatan *bending* aluminium hasil anodisasi tidak signifikan, hal ini disebabkan lapisan oksida yang terbentuk terlalu tipis.

Kata kunci : anodisasi, aluminium, asam sulfat, kekerasan, kekasaran, *wettability*, *bending*

ABSTRACT

Aswan (D021 17 1014). Analysis of the Effect of Stress on the Anodizing Process on the Characteristics of the Coating on the Surface of the Aluminium Plate. (Supervised by Dr. Hairul Arsyad, ST., MT and Dr. Eng. Lukmanul Hakim Arma, ST., MT).

Aluminium is a type of metal that is widely used in a wide field such as in household appliances, aircraft construction, cars to everyday equipment. One of the improvements to the properties and surface of aluminium can be done by anodizing process which is an electrolysis process with the basic principle of forming an oxide layer in a controlled manner through an electrochemical reaction process to form a porous oxide layer. In this study, the variation of the electric voltage used was 6V, 9V, 12V, 15V and 18V while the processing time was 60 minutes, and for electrolytes using H₂SO₄ with a concentration of 2 M, 2.5 M and 3 M. The purpose of this study was to analyze the effect of stress in the anodization process on micro-photographs, hardness, roughness, wettability and bending strength of the oxide layer on aluminium plate.

From the results of the study, it was found on the micro-photo of the surface of the oxide layer that the higher the applied stress, the more evenly the pores produced on each side of the aluminium. An increase in stress will also increase the surface hardness of anodized aluminium, this is evidenced by the largest increase in surface hardness in this study of 152.87 HV. In the roughness test, the largest roughness was found at a voltage of 18 volts with a roughness of 3.83 m, and in the wettability test it was found that the anodized aluminium surface is a hydrophilic surface, this is evidenced by the measurement of the contact angle, the results obtained that the contact angle between droplets water and aluminium surface below 90°. In the bending test, the increase in the bending strength of anodized aluminium was not significant, this was because the oxide layer formed was too thin.

Keywords: anodization, aluminium, sulfuric acid, hardness, roughness, wettability, bending

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur senantiasa kita panjatkan ke-hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan berkat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“ANALISA PENGARUH TEGANGAN PADA PROSES ANODISASI TERHADAP KARAKTERISTIK LAPISAN PADA PERMUKAAN PLAT ALUMINIUM”** yang mana merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Selama proses pengerjaan skripsi ini penulis menerima begitu banyak bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu peneliti ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua saya tercinta Ayahanda Hamal dan Ibunda Nurbaya juga kepada saudara Muhammad Dandi yang selalu memberikan doa yang tak henti-hentinya kepada penulis, nasihat, semangat hingga motivasi selama penulis menyelesaikan skripsi hingga akhir.
2. Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Dr. Ir. Eng. Jalaluddin, ST., MT. sebagai Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin beserta seluruh staf Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bantuan dan kemudahan yang diberikan.
4. Dr. Hairul Arsyad, ST., MT., dan Dr. Eng. Lukmanul Hakim Arma, ST., MT., sebagai Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II yang telah memberikan waktu, arahan, dan saran selama proses pengerjaan skripsi ini.
5. Dr. Muhammad Syahid, ST., MT. dan Azwar Hayat, ST., M. Sc., Ph.D. selaku penguji yang telah memberikan saran-saran selama proses pengerjaan skripsi.
6. Bapak Edi Iskandar, S.T. sebagai Laboran di Laboratorium Metalurgi Fisik yang membantu penulis memberikan arahan dan bantuan selama di Laboratorium.

7. Bapak/Ibu dosen Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu, nasehat dan pengalaman kepada penulis selama menempuh studi di dunia perkuliahan.
8. Seluruh teman–teman mahasiswa Teknik Mesin khususnya Angkatan 2017 ZYNCROMESH. Terima kasih atas bantuan dan dukungannya serta semangat.
9. Teman-teman seperjuangan asisten Laboratorium Metalurgi Fisik yang telah banyak membantu dalam penelitian ini.
10. Partner penelitian Yusdiana yang telah banyak membantu memberikan bantuan dan motivasi kepada penulis.
11. Serta seluruh pihak yang telah membantu yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna walaupun telah menerima bantuan dari berbagai pihak. Apabila terdapat kesalahan-kesalahan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis dan bukan para pemberi bantuan. Kritik dan saran yang membangun akan lebih menyempurnakan skripsi ini.

Gowa, Agustus 2022

Penulis

DAFTAR ISI

SAMPUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
CURRICULUM VITAE	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xvi
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.....	8
2.1 Definisi Anodisasi	8
2.2 Klasifikasi <i>Anodizing</i>	9
2.3 Aluminium.....	11
2.4 Aluminium dan Paduannya	12
2.5 Proses Anodisasi.....	15
2.6 Pembentukan Lapisan Oksida Aluminium.....	17
2.7 Faktor yang Mempengaruhi Anodisasi	20
2.8 Tujuan Proses <i>Anodizing</i>	22
2.9 <i>Nano Porous Aluminium Oxide</i>	23

2.10 Uji Mekanik (<i>Mechanical Test</i>).....	25
2.10.1 Pengujian Kekerasan atau <i>Hardness Test</i>	25
2.10.2 Uji <i>Bending</i> (Tekuk).....	28
2.10.3 Uji <i>Wettability</i>	29
BAB III METODE PENELITIAN.....	33
3.1 Waktu dan Tempat	33
3.2 Alat dan Bahan	33
3.2.1 Alat Penelitian	33
3.2.2 Bahan Penelitian	39
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	41
3.4 Pelaksanaan Penelitian	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	49
4.1 Foto Makro dan Mikro Permukaan Hasil <i>Anodizing</i>	49
4.1.1 Foto Makro	49
4.1.2 Foto Mikro	50
4.2 Hasil Pengujian Kekerasan Permukaan Aluminium Anodisasi	53
4.3 Pengujian Kekasaran Permukaan Aluminium Hasil <i>Anodizing</i>	57
4.4 Pengamatan <i>Wettability</i> Permukaan Aluminium Hasil Anodisasi	62
4.5 Pengujian Kekuatan <i>Bending</i> /tekuk Aluminium Hasil <i>Anodizing</i>	67
BAB V PENUTUP.....	68
5.1 Kesimpulan.....	68
5.2 Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Rangkai proses <i>anodizing</i> (Sipayung, 2008)	8
Gambar 2.2 Tahapan proses anodisasi (Sumber : <i>Mirto Art Studio</i>).....	15
Gambar 2.3 Ilustrasi transport ion ke lapisan oksida	18
Gambar 2.4 Skema lapisan pori hasil anodisasi (Rohman, 2012).....	19
Gambar 2. 5 Tegangan dan arus yang terjadi pada pembentukan lapisan oksida anodizing (Yerokhin, 2010).	20
Gambar 2. 6 Struktur nanoporous aluminium oxide	23
Gambar 2. 7 Skema proses anodisasi dua langkah.....	25
Gambar 2. 8 Geometri indenter brinell (Asruddin, 2019).....	26
Gambar 2. 9 Geometri indenter <i>vickers</i> (Asruddin, 2019).....	27
Gambar 2. 10 Jejak hasil penekanan indenter (Asruddin, 2019).....	27
Gambar 2. 11 Indenter <i>rockwell</i> (Asruddin, 2019)	28
Gambar 2. 12 Penampang uji bending (Standar ASTM D 790-20)	28
Gambar 2. 13 Sudut kontak air (Alharbi et al., 2016)	30
Gambar 2. 14 Ilustrasi model <i>Young</i>	31
Gambar 2. 15 Ilustrasi model <i>Wenzel</i>	31
Gambar 2. 16 Ilustrasi model <i>Cassie-Baxter</i>	32
Gambar 3. 1 <i>Trafo slide regulator</i>	34
Gambar 3. 2 Kabel penghubung.....	34
Gambar 3. 3 Bak plastik	35
Gambar 3. 4 <i>Thermometer</i>	35
Gambar 3. 5 Multimeter digital	35
Gambar 3. 6 Gelas ukur plastik	36
Gambar 3. 7 Stopwatch	36
Gambar 3. 8 Jangka sorong	36
Gambar 3. 9 Penjepit buaya.....	37
Gambar 3. 10 Sarung tangan	37
Gambar 3. 11 Laser 3D <i>measuring laser microscope OLS4100</i>	37
Gambar 3. 12 Mikroskop <i>optic</i>	38
Gambar 3. 13 Timbangan digital.....	38

Gambar 3. 14 Pipet tetes.....	38
Gambar 3. 15 Asam sulfat (H ₂ SO ₄).....	39
Gambar 3. 16 Soda api (NaOH)	39
Gambar 3. 17 Natrium karbonat (Na ₂ CO ₃)	40
Gambar 3. 18 <i>Aquades</i>	40
Gambar 3. 19 Spesimen plat aluminium	40
Gambar 3. 20 <i>Flowchart</i> penelitian.....	41
Gambar 3. 21 Pencampuran larutan	42
Gambar 3. 22 Spesimen anodisasi aluminium.....	43
Gambar 3. 23 Proses pengamplasan spesimen	43
Gambar 3. 24 Proses <i>cleaning</i> spesimen	44
Gambar 3. 25 Proses <i>etching</i> spesimen	44
Gambar 3. 26 Proses <i>anodizing</i>	45
Gambar 3. 27 Pengujian foto mikro permukaan lapisan aluminium <i>anodizing</i> ..	46
Gambar 3. 28 Pengujian kekerasan <i>vickers</i>	47
Gambar 3. 29 Pengujian <i>bending</i>	48
Gambar 3. 30 Pengujian <i>wettability</i>	48
Gambar 4. 1 Foto makro permukaan lapisan aluminium hasil anodisasi dengan variasi tegangan pada konsentrasi larutan elektrolit 2,5 molar; (a) Tanpa perlakuan (b) 6 volt, (c) 9 volt, (d) 12 volt, (e) 15 volt dan (f) 18 volt.....	49
Gambar 4. 2 Foto makro variasi tegangan 18 Volt, (a). <i>Raw material</i> , (b). Setelah proses <i>anodizing</i> , (c). Setelah proses <i>anodizing</i> dan <i>dyeing</i> + <i>sealing</i> (Chairul, 2016).	50
Gambar 4. 3 Foto mikro permukaan aluminium <i>non anodizing</i>	51
Gambar 4. 4 Foto mikro permukaan lapisan aluminium hasil anodisasi dengan variasi tegangan pada konsentrasi larutan elektrolit 2,5 molar pembesaran 100x; (a) tegangan 6 volt, (b) tegangan 9 volt, (c) tegangan 12 volt, (d) tegangan 15 volt dan (e) tegangan 18 volt.....	51
Gambar 4. 5 Pengamatan struktur mikro pada pembesaran 200x (a) variasi tanpa anodizing, (b) variasi 6 volt, (c) variasi 9 volt, (d) variasi 12 volt (Lutfiana, 2021).	52

Gambar 4. 6 Foto mikro permukaan lapisan aluminium hasil anodisasi dengan variasi konsentrasi larutan asam sulfat pada tegangan 15 volt pembesaran 100x; (a) 2 molar, (b) 2.5 molar dan (c) 3 molar.....	52
Gambar 4. 7 (a) Grafik nilai kekerasan aluminium <i>anodizing</i> variasi tegangan pada konsentrasi larutan 2,5 molar, (b) Titik/daerah pengambilan nilai kekasaran	54
Gambar 4. 8 Grafik Hubungan Tegangan(Voltase) dengan nilai kekerasan (Lutfiana, 2021).....	55
Gambar 4. 9 Foto jejak indenter hasil pengujian kekerasan variasi tegangan pada konsentrasi 2,5 molar: (a) Tanpa perlakuan, (b) tegangan 6 volt, (c) tegangan 18 volt.....	55
Gambar 4. 10 Nilai kekerasan aluminium <i>anodizing</i> variasi konsentrasi larutan pada tegangan 15 volt.....	56
Gambar 4. 11 Kekasaran permukaan aluminium <i>anodizing</i> dengan variasi tegangan pada konsentrasi larutan 2,5 molar	59
Gambar 4. 12 Grafik hubungan antara tegangan listrik dan kuat arus terhadap kekasaran permukaan hasil hard <i>anodizing</i> (Kenang. M, 2014).....	60
Gambar 4. 13 Kekasaran permukaan aluminium <i>anodizing</i> dengan variasi konsentrasi larutan pada pada tegangan 15 volt.....	60
Gambar 4. 14 Grafik nilai sudut kontak permukaan terhadap kekasaran permukaan aluminium <i>anodizing</i>	61
Gambar 4. 15 Sudut kontak <i>wettability</i> permukaan aluminium <i>anodizing</i> dengan variasi tegangan pada konsentrasi larutan 2,5 molar	63
Gambar 4. 16 Foto sudut kontak permukaan lapisan aluminium hasil anodisasi dengan konsentrasi larutan elektrolit 2.5 molar; (a) Tanpa perlakuan (b) tegangan 6 volt, (c) tegangan 9 volt, (d) tegangan 12 volt, (e) tegangan 15 volt dan (f) tegangan 18 volt.....	64
Gambar 4. 17 Sudut kontak Tetesan air pada a) permukaan aluminium <i>raw material</i> ; alumina berpori yang terbentuk melalui b) asam sulfat, c) asam oksalat, d) asam fosfat; dan e) asam pirofosfat (Nakijima, 2016).....	65
Gambar 4. 18 Sudut kontak <i>wettability</i> permukaan aluminium <i>anodizing</i> dengan variasi konsentrasi larutan pada tegangan 15 volt.....	65

Gambar 4. 19 Foto sudut kontak permukaan lapisan aluminium <i>anodizing</i> variasi konsentrasi larutan asam sulfat dengan tegangan 15 Volt: (a) 2 molar (b) 2.5 molar, dan (c) 3 molar	66
Gambar 4. 20 Rata-rata kekuatan bending (MPa) terhadap variasi tegangan pada konsentrasi larutan 2,5 molar	67

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Aplikasi aluminium di berbagai bidang (Sumber: Sipayung, 2008) ...	11
Tabel 2. 2 Daftar seri paduan aluminium tempa (Sumber: Smallman, R.E. dan Bishop, R.J., 2000)	12
Tabel 3. 1 Rencana penelitian	33
Tabel 4. 1 Nilai kekerasan aluminium <i>anodizing</i> variasi tegangan pada konsentrasi larutan 2,5 molar	53
Tabel 4. 2 Nilai kekerasan aluminium <i>anodizing</i> variasi konsentrasi larutan pada tegangan 15 volt	56
Tabel 4. 3 Nilai kekasaran permukaan aluminium <i>anodizing</i>	58
Tabel 4. 4 Sudut kontak hasil pengujian <i>wettability</i> permukaan aluminium <i>anodizing</i>	63

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aluminium merupakan jenis logam yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Material ini dipergunakan dalam bidang yang luas bukan saja dalam alat-alat rumah tangga, tetapi juga dipakai dalam konstruksi pesawat terbang, mobil hingga peralatan sehari-hari. Hal ini dimungkinkan mengingat karakteristik logam aluminium yang memiliki berat jenis cukup ringan ($2,70 \text{ gr/cm}^3$), mudah dibentuk dan tahan terhadap korosi (Hutasoit et al., 2008). Pengembangan aluminium tidak terbatas hanya pada material aluminium, akan tetapi juga pada perlakuan akhir aluminium. Perlakuan akhir aluminium dilakukan guna mendapatkan sifat permukaan akhir dengan berbagai karakteristik seperti halnya sifat kekerasan agar mempunyai umur pakai yang lebih lama. Untuk dapat mendukung berbagai kebutuhan industri dan teknologi yang menggunakan aluminium sebagai material utama, dibutuhkan berbagai pengembangan dan inovasi dalam teknologi pemanfaatan aluminium, untuk memperoleh nilai guna yang lebih tinggi. Salah satu metode yang digunakan adalah dengan proses rekayasa permukaan.

Rekayasa permukaan adalah proses memodifikasi atau melapisi permukaan material untuk meningkatkan sifat-sifatnya. Rekayasa permukaan adalah teknologi yang mencakup perawatan permukaan dan pelapisan. Rekayasa permukaan secara substansial dapat meningkatkan ketahanan keausan dan korosi untuk memberikan peningkatan masa pakai komponen dan perlindungan material (Hutchings & Shipway, 2017).

Salah satu metode rekayasa permukaan yaitu *anodizing*. Dalam artian ilmiah *anodizing* merupakan suatu proses elektrolisis dengan prinsip dasar pembentukan lapisan oksida secara terkontrol melalui proses reaksi elektrokimia sehingga terbentuk lapisan oksida yang berpori (Siswoyo, 2014). Kelebihan dari proses anodisasi yaitu dapat menghasilkan lapisan oksida yang memiliki nilai kekerasan lebih tinggi dibandingkan dengan logam induknya, bahkan bisa mendekati nilai kekerasan intan. Dengan proses ini diharapkan

karakteristik lapisan oksida yang dihasilkan pada permukaan aluminium seperti ketebalan dan kekerasan yang tinggi serta ketahanan aus dan ketahanan korosi yang baik dapat tercapai (Eka Febriyanti, 2015).

Banyak bermunculan penelitian-penelitian yang bertujuan untuk mengetahui hasil pada proses anodisasi. Tingkat keberhasilan *anodizing* berupa lapisan oksida yang optimal dipengaruhi beberapa faktor yaitu arus, tegangan, jenis material yang digunakan, suhu selama proses, waktu pencelupan, jenis larutan elektrolit yang digunakan dan konsentrasi larutan elektrolit pada proses *anodizing* (Arif Andrianto, Suwardiyono, 2016).

Penelitian lain yang dilakukan dengan menggunakan elektrolit asam *fosfat* menyimpulkan bahwa anodisasi asam *fosfat* menghasilkan alumina berpori yang sangat teratur dengan diameter sel berukuran 370 – 440 nm melalui kondisi tegangan pada 150 – 180 volt. Yang penting, tegangan 150 volt yang sebelumnya belum ditemukan hasil yang ingin dicapai melalui anodisasi asam *fosfat*. Sebaliknya, anodisasi asam *fosfat* di bawah 140 volt dan di atas 190 volt menyebabkan pembentukan alumina berpori yang tidak teratur dan pembakaran oksida. Alumina berpori yang dilakukan dengan rasio aspek tinggi dapat dengan mudah dibuat melalui anodisasi asam *fosfat* dua langkah. Anion HPO_3^{2-} dimasukkan ke dalam oksidasi *anodic* oleh medan listrik tinggi selama anodisasi, dan alumina berpori berlapis ganda dengan lapisan alumina luar dengan anion dan lapisan alumina murni dalam dibentuk melalui anodisasi asam *fosfat* (Akiya et al., 2015).

Proses *anodizing* elektrolit meningkatkan ketebalan lapisan oksida yang lebih tebal jika dibandingkan dengan lapisan oksida alami. Ketahanan karena abrasi aluminium meningkat dengan *anodizing* karena kekerasan lapisan aluminium oksida *anodized* tinggi. Peningkatan ketebalan lapisan oksida meningkatkan ketahanan korosi aluminium dan juga membuat proses pembersihan menjadi lebih mudah. Lapisan oksida yang konsisten dapat dibentuk dengan mengontrol kondisi seperti konsentrasi elektrolit, keasaman, suhu larutan dan arus. Lapisan yang lebih keras dan lebih tebal diproduksi dalam larutan encer pada suhu yang lebih rendah ketika tegangan tinggi

digunakan. Ini menghasilkan pembentukan film dengan ketebalan (0,5 μm hingga 150 μm), yang menemukan aplikasi dekoratif serta arsitektur (Sharma & Suri, 2017).

Penelitian lain yang pernah dilakukan oleh (Wisnu et al., 2014) dengan memvariasikan besar tegangan listrik antara 15, 20, dan 25 volt. Diperoleh hasil bahwa dengan semakin besarnya tegangan listrik yang diberikan, maka semakin besar pula pori atau porositas permukaan yang dihasilkan. Kusuma menyatakan bahwa proses *anodizing* mampu menghasilkan ketebalan lapisan oksida protektif, selain untuk meningkatkan daya tahan korosi, tahan aus dan meningkatkan daya tahan abrasi. Anodisasi aluminium dilakukan untuk melapisi aluminium secara elektrokimia yang mengkonversi aluminium menjadi aluminium oksida (Al_3O_2). Teknik anodisasi pada dasarnya menggunakan prinsip elektrolisis. Pada sel elektrolisis, anoda dihubungkan dengan logam aluminium yang akan di *anodizing* dan di bagian katoda dihubungkan dengan plat penghantar anodisasi. Beda potensial ini akan memicu pertumbuhan lapisan oksida pada permukaan logam aluminium. Hasil penelitian tentang *anodizing* logam aluminium dengan variasi beda potensial yang paling besar adalah potensial 25 volt memberikan peningkatan ketebalan rata-rata pori yang terjadi yaitu 18,33 μm dengan lebar rata-rata 19,52 μm .

Pada penelitian yang dilakukan tentang pengaruh kondisi anodisasi pada pertumbuhan dan ekspansi volume lapisan alumina berpori pada elektrolit asam malonat, didapatkan bahwa di bawah kondisi pembentukan galvanostatik, disolusi aluminium meningkat dengan meningkatkan kerapatan arus, yang bertentangan dengan mekanisme pelarutan kimia murni. Akibatnya, pelarutan dengan mekanisme bantuan lapangan atau injeksi ion langsung harus dipertimbangkan. Pertumbuhan oksida yang melibatkan perpindahan injeksi ion langsung adalah mekanisme yang paling mungkin. Volume yang hilang ke elektrolit jelas dikompensasi oleh penggabungan anion asam dan dengan koordinasi yang kurang padat. Pada densitas arus yang lebih tinggi, langkah ketiga dari peningkatan ekspansi volume adalah karena mekanisme lokalisasi anodisasi aluminium, yang menghasilkan konsentrasi arus ion ke area seperti

titik yang bergerak terus menerus di sepanjang sampel yang memakan secara lokal dan ke seluruh logam, dengan demikian membentuk film *anodic* berpori dari morfologi yang sangat teratur (Poznyak et al., 2015).

Pada penelitian yang dilakukan Kunrath dkk, mengenai anodisasi sebagai perawatan permukaan yang menjanjikan untuk implan pengiriman obat dan proses non-sitotoksik untuk perubahan permukaan, dimana proses dengan anodisasi elektrokimia memungkinkan pembentukan permukaan dengan *nano morfologi* dan aplikasi potensial untuk fungsionalisasi. Permukaannya tampaknya tidak memiliki kontaminasi unsur apa pun ketika titanium murni digunakan mengikuti praktik dalam proses pembuatan implan. Kurangnya kontaminasi unsur permukaan *anodized* akan menunjukkan *non-cytotoxicity* dari jenis implan meskipun penyelidikan lebih lanjut diperlukan. Ini sangat menjanjikan untuk digunakan dalam aplikasi biomedis, dan memberikan peluang untuk mengembangkan implan termasuk implan oral dengan sistem penghantaran obat (Kunrath & C, 2020).

Penelitian lain yang dilakukan oleh (Kristanto, 2017) dengan variasi konsentrasi larutan elektrolit asam sulfat 10 – 15% dengan waktu pencelupan 15 menit, menyatakan bahwa variasi larutan asam sulfat mempengaruhi ketebalan lapisan dan kekerasan material. Ketebalan dan kekerasan lapisan oksida yang optimum didapatkan pada konsentrasi asam sulfat 12%, dengan ketebalan lapisan 13,2 μm dan kekerasan lapisan 73,67 VHN. Variasi konsentrasi larutan elektrolit yang diberikan pada proses *anodizing* memiliki suatu besaran yang optimum, dimana pada proses *anodizing* ketebalan lapisan oksida terbentuk pada konsentrasi 12% dan bila telah melewati batas maksimum tersebut akan menyebabkan ketebalan lapisan oksida yang terbentuk justru semakin berkurang.

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis bermaksud meneliti dan membuat analisa pengaruh tegangan pada proses anodisasi terhadap karakteristik lapisan pada permukaan plat aluminium.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan diatas, maka dapat dirumuskan beberapa rumusan masalah, yakni:

1. Bagaimana pengaruh tegangan pada proses anodisasi terhadap foto makro dan mikro lapisan oksida pada plat aluminium?
2. Bagaimana pengaruh tegangan pada proses anodisasi terhadap kekerasan mikro lapisan oksida pada plat aluminium?
3. Bagaimana pengaruh tegangan pada proses anodisasi terhadap kekasaran lapisan oksida pada plat aluminium?
4. Bagaimana pengaruh tegangan pada proses anodisasi terhadap hasil uji *wettability* pada plat aluminium?
5. Bagaimana pengaruh tegangan pada proses anodisasi terhadap hasil *bending* pada plat aluminium?

1.3 Tujuan Penelitian

Beberapa hal tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini, yakni sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh tegangan pada proses anodisasi terhadap foto makro dan mikro lapisan oksida pada plat aluminium.
2. Menganalisis pengaruh tegangan pada proses anodisasi terhadap kekerasan mikro lapisan oksida pada plat aluminium.
3. Menganalisis pengaruh tegangan pada proses anodisasi terhadap kekasaran lapisan oksida pada plat aluminium.
4. Menganalisis pengaruh tegangan pada proses anodisasi terhadap hasil uji *wettability* pada plat aluminium.
5. Menganalisis pengaruh tegangan pada proses anodisasi terhadap hasil *bending* pada plat aluminium.

1.4 Batasan Masalah

Agar penulisan tugas akhir ini lebih terarah, maka penulis memberikan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Bahan yang digunakan adalah aluminium plat dengan panjang 60 mm, lebar 30 mm dan tebal 3 mm.

2. Perlakuan variasi tegangan yang digunakan yaitu 6 volt, 9 volt, 12 volt, 15 volt dan 18 volt.
3. Digunakan elektrolit asam sulfat dengan konsentrasi 2 M, 2,5 M dan 3 M.
4. Waktu yang digunakan yaitu 60 menit
5. Jarak antar anoda-katoda yaitu 5 cm.
6. Temperatur anodisasi yang digunakan yaitu temperatur ruangan.
7. Hasil yang akan diperoleh kekerasan mikro, morfologi lapisan, *wettability*, kekasaran permukaan dan pengujian *bending*.

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, data-data yang diperoleh dalam penelitian ini dapat bermanfaat bagi perusahaan aluminium maupun bagi para Peneliti selanjutnya.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I Pendahuluan

Berisi latar belakang yang memperkenalkan gambaran mengenai anodisasi aluminium, serta rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metode pengumpulan data dan sistematika penulisan.

BAB II Landasan teori

Berisi tentang tinjauan pustaka atau teori-teori penunjang yang berhubungan dengan penelitian.

BAB III Metodologi penelitian

Berisi tentang proses penelitian secara lengkap.

BAB IV Hasil dan pembahasan

Berisi tentang hasil dari eksperimen anodisasi aluminium dengan pembahasan dan analisa nya.

BAB V Penutup

Berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian serta saran yang diajukan untuk penelitian selanjutnya.

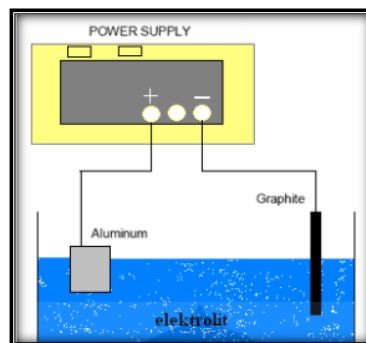
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Anodisasi

Anodisasi adalah proses pembentukan lapisan oksida pada logam dengan cara mereaksikan logam, misalnya aluminium dengan oksigen (O_2) dari larutan elektrolit yang digunakan sebagai media, sehingga terbentuk lapisan oksida. Proses ini juga disebut sebagai *anodic oxidation* yang prinsipnya hampir sama dengan proses pelapisan dengan cara listrik (*electroplating*). Tetapi, perbedaannya logam yang akan dioksidasi ditempatkan sebagai anoda di dalam larutan elektrolit. Perbedaan lain yaitu larutan elektrolit yang digunakan bersifat asam dengan sumber arus bertipe dan ampere tinggi. Proses utama dalam oksidasi anoda aluminium memerlukan larutan asam sulfat, asam kromat atau campuran asam sulfat dan asam oksalat (Ngr & Santhiarsa, 2010).

Kekerasan permukaan hasil anodisasi ini jauh lebih tinggi bila dibandingkan dengan aluminium tanpa proses anodisasi. Hasil ini, diperoleh karena terbentuknya lapisan oksida pada permukaan aluminium selama proses anodisasi. Untuk mendapatkan hasil yang terbaik itu, proses ini dilakukan pada waktu tertentu. Pada permukaan lapisan oksida yang terbentuk dalam proses anodisasi ini terdapat jutaan sel per cm^2 , dimana ukurannya merupakan fungsi dari tegangan proses anodisasi. Ukuran pori dipengaruhi oleh banyak faktor seperti jenis elektrolit, temperatur serta hubungan antara tegangan dan arus yang digunakan (Sidharta et al., 2012).



Gambar 2. 1 Rangkaian proses *anodizing* (Sipayung, 2008)

Aluminium *anodizing* adalah proses pelapisan secara elektrokimia yang mengkonversi aluminium menjadi aluminium oksida (Al_2O_3) pada permukaan material yang akan dilapisi (Jeff Pernick, *International Hardcoat, Inc*). Proses elektrolisis merupakan peristiwa berlangsungnya reaksi kimia oleh arus listrik. Komponen yang terpenting dari proses elektrolisis adalah elektroda dan elektrolit. Pada proses elektrolisis, katoda merupakan kutub negatif sebagai penghantar benda kerja dan anoda merupakan kutub positif benda kerja. Dari definisi tersebut diketahui bahwa prinsip dasar proses *anodizing* adalah elektrolisis. Proses elektrolisis yang merupakan peristiwa berlangsungnya reaksi kimia oleh arus listrik. Pada proses *anodizing* komponen yang terpenting dari proses elektrolisis ini adalah elektroda dan elektrolit. Pada proses elektrolisis, katoda merupakan kutub negatif (-) dan anoda merupakan kutub positif (+) (Fitrahuddin, 2009).

2.2 Klasifikasi *Anodizing*

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. Jenis elektrolit yang digunakan

Menurut Taufik (2011) terdapat tiga jenis *anodizing* yang umum digunakan jika dilihat berdasarkan jenis elektrolit yang digunakan antara lain:

a. *Chromic acid anodizing* (Tipe I)

Tipe ini menggunakan larutan elektrolit *chromic acid* dan menghasilkan lapisan yang paling tipis, hanya sekitar 0,5 – 2,5 mikron. Pada saat proses berlangsung, 50% Al_2O_3 terintegrasi ke dalam substrat dan 50% pertumbuhan lapisan ke arah luar. Dapat meningkatkan ketahanan korosi pada aluminium.

b. *Sulfuric acid anodizing* (Tipe II)

Tipe ini adalah tipe yang paling umum dilakukan yaitu dengan menggunakan larutan asam sulfat sebagai elektrolit dengan

kemampuan menghasilkan lapisan oksida hingga 50 mikron. Selama proses berlangsung, 67% oksida protektif terintegrasi ke dalam substrat dan sisanya tumbuh ke arah luar. Lapisan yang dihasilkan *permeable* dan *porous* sehingga dapat dilakukan pewarnaan. Tipe II biasa digunakan untuk aplikasi arsitektur, bagian pesawat terbang, otomotif, maupun komputer.

c. *Hard anodizing* (Tipe III)

Menggunakan larutan elektrolit yang sama dengan tipe II namun dengan konsentrasi yang lebih tinggi pada temperatur yang lebih rendah. Lapisan yang dihasilkan lebih tangguh, memiliki ketahanan abrasi yang baik, ketahanan korosi, anti pudar, tahan terhadap suhu tinggi, dan memiliki kekerasan yang baik. Lapisan mencapai ketebalan 75 mikron sehingga juga dapat menjadi isolator listrik yang baik. Umumnya digunakan pada peralatan yang membutuhkan ketahanan aus yang sangat tinggi seperti pada piston dan *hydraulic gear*.

2. Jenis sumber arus yang digunakan

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

a. *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.

b. *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 Aluminium

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi baik dan hantaran listrik baik dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai logam. (Surdia, 1999: 129). Sifat-sifat tersebut membuat aluminium menjadi logam yang sangat sesuai dan ekonomis untuk banyak aplikasi dan telah menjadikan aluminium sebagai logam yang paling banyak digunakan kedua setelah baja. Berikut ini aplikasi aluminium secara umum:

Tabel 2. 1 Aplikasi aluminium di berbagai bidang (Sumber: Sipayung, 2008)

Aplikasi Kegunaan	Persentase (%)
Industri Konstruksi	15
Aplikasi Listrik	15
Industri Otomotif/Transportasi	25
Industri Manufaktur	25
Lainnya	20

Selain dari sifat-sifat yang sudah disebutkan di atas. Logam aluminium tahan terhadap korosi udara, karena reaksi antara logam aluminium dengan oksigen menghasilkan lapisan tipis oksida aluminium (Al_2O_3) secara alami yang merupakan lapisan *non* pori dan membungkus permukaan logam tersebut sehingga tidak terjadi reaksi lanjut (Sugiyarto, 2010: 154). Lapisan ini juga bersifat lebih keras dari logam induknya. Pembentukan lapisan oksida pada aluminium dapat dihasilkan secara alami dan proses rekayasa elektrokimia,

yaitu dengan proses anodisasi. Proses ini dapat meningkatkan pembentukan lapisan oksida lebih besar dibanding dengan proses alami.

2.4 Aluminium dan Paduannya

Berdasarkan metode peleburannya, paduan aluminium dikelompokkan menjadi dua kelompok utama yaitu paduan tempa dan paduan tuang (*casting*). Jenis paduan aluminium saat ini sangat banyak dan tidak menutup kemungkinan ditemukannya lagi jenis paduan aluminium baru, oleh karena itu dibuat sistem penamaan sesuai dengan komposisi dan karakteristik paduan aluminium tersebut untuk memudahkan pengklasifikasian. Salah satu penamaan paduan standar AA, seperti pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Daftar seri paduan aluminium tempa (Sumber: Smallman, R.E. dan Bishop, R.J., 2000)

Paduan Tempa	Penandaan
Aluminium (min.) 99.00%	1XXX
Tembaga	2XXX
Mangan	3XXX
Silikon	4XXX
Magnesium	5XXX
Magnesium dan Silikon	6XXX
Seng	7XXX

Paduan aluminium tempa, seri 1xxx digunakan untuk aluminium murni, paduan aluminium diidentifikasi dengan sistem empat digit berdasarkan elemen paduan utamanya. Untuk paduan tempa (*wrought*, yang mengalami perubahan bentuk) digit pertama mengidentifikasi kelompok paduan dan digit kedua menunjukkan modifikasi paduan asli yang diidentifikasi dengan dua digit terakhir.

Paduan tempa yang dapat diperkuat lewat perlakuan panas adalah kelas 2xxx, 6xxx, 7xxx, dan beberapa jenis dari kelas 8xxx. Beberapa kombinasi penambahan unsur pepadu, mekanisme penguatannya, serta perkiraan nilai kekuatan yang dapat dicapai (Hatch, 1984).

Aluminium memiliki kelas atau *grade* yang tergantung pada unsur paduan dan perlakuan panas yang dilakukan terhadap paduan aluminium tersebut. *Grade* (kelas) dari aluminium dapat menunjukkan berbagai sifat mekanik dari aluminium tersebut dari penampilan yang baik, kemudahan fabrikasi, ketahanan korosi yang baik, mampu las yang baik dan ketangguhan retak tinggi. Pemilihan *grade* (kelas) aluminium yang tepat tergantung pada aplikasi yang diperlukan dan kondisi kerja. Berikut adalah aluminium paduan yang sesuai dengan *grade* dan kodifikasi yang dimiliki setiap paduan aluminium itu sendiri.

1. *Grade* aluminium Seri 1xxx

Grade dari aluminium ini (1050, 1060, 1100, 1145, 1200, 1230, 1350 dan lain-lain) ditandai dengan ketahanan korosi yang sangat baik, konduktivitas termal dan elektrik yang tinggi, sifat mekanik yang rendah, dan kemampuan kerja yang sangat baik. *Grade* aluminium ini memiliki kandungan Besi dan silikon yang besar.

2. *Grade* aluminium Seri 2xxx

Paduan aluminium ini (2011, 2014, 2017, 2018, 2124, 2219, 2319, 2010, 2030, 2060, 2240, 2420 dll) memerlukan *solution heat treatment* untuk mendapatkan sifat yang optimal, di dalam kondisi *solution heat treatment*.

3. *Grade* aluminium Seri 3xxx

Paduan aluminium ini (3003, 3004, 3105, 3830, 3850, A360, 3900) umumnya memiliki ketidakmampuan panas tetapi memiliki kekuatan sekitar 20% lebih dari paduan aluminium seri 1xxx karena hanya memiliki persentase mangan yang sedikit (sampai sekitar 1,5%) yang dapat ditambahkan ke aluminium. Mangan digunakan sebagai elemen utama dalam beberapa paduan.

4. *Grade* aluminium Seri 4xxx

Unsur paduan utama dalam paduan seri 4xxx (4032, 4043, 4145, 4643 dll) adalah silikon, yang dapat ditambahkan dalam jumlah yang cukup (hingga 12%) menyebabkan substansial menurunkan rentang lebur.

Untuk alasan ini, paduan aluminium-silikon yang digunakan dalam kawat las dan sebagai paduan untuk menyolder digunakan untuk menggabungkan aluminium, di mana titik lebur lebih rendah dari logam dasar yang digunakan.

5. *Grade* aluminium Series 5xxx

Unsur paduan utama *grade* aluminium ini adalah magnesium, bila digunakan sebagai elemen paduan utama atau digabungkan dengan mangan, hasilnya adalah paduan yang memiliki kekerasan sedang hingga kekuatan yang tinggi. Magnesium jauh lebih efektif daripada mangan sebagai penguat sekitar 0,8% Mg sama dengan 1,25% Mn dan dapat ditambahkan dalam jumlah yang jauh lebih tinggi. Paduan aluminium dalam seri ini (5005, 5052, 5083, 5086, dll) memiliki karakteristik pengelasan yang baik dan ketahanan yang relatif baik terhadap korosi dalam atmosfer laut. Namun, pada pekerjaan dingin harus dilakukan pembatasan dan suhu operasi (150°) diperbolehkan untuk paduan aluminium yang memiliki magnesium tinggi untuk menghindari kerentanan terhadap korosi retak.

6. *Grade* aluminium Seri 6xxx

Paduan aluminium dalam seri 6xxx (6061 dan 6063) mengandung silikon dan magnesium sekitar dalam proporsi yang diperlukan untuk pembentukan magnesium silicide (Mg_2Si), sehingga membuat paduan ini memiliki mampu perlakuan panas yang baik. Meskipun tidak sekuat pada paduan 2xxx dan 7xxx, paduan aluminium seri 6xxx memiliki sifat mampu bentuk yang baik, mampu las, mampu mesin, dan ketahanan korosi yang relatif baik dengan kekuatan sedang.

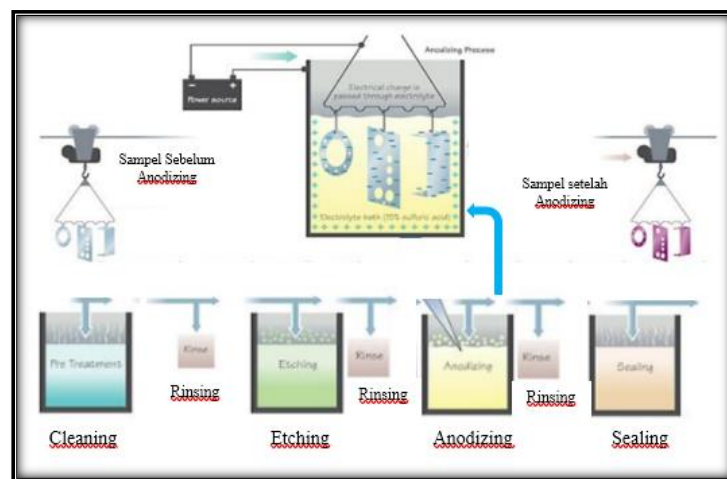
7. *Grade* aluminium Seri 7xxx

Zinc jumlah dari 1% sampai 8% merupakan unsur paduan utama dalam paduan aluminium seri 7xxx (7075, 7050, 7049, 7100, 7110 dll) dan ketika digabungkan dengan persentase magnesium yang lebih kecil di dalam perlakuan panas yang cukup maka paduan ini akan memiliki kekuatan yang sangat tinggi. Biasanya unsur-unsur lain, seperti tembaga

dan kromium, juga ditambahkan dalam jumlah kecil. Paduan seri 7xxx digunakan dalam struktur badan pesawat, peralatan besar yang bergerak dan bagian lainnya memiliki tekanan yang sangat tinggi (Subagyo, 2017).

2.5 Proses Anodisasi

Anodizing atau oksida *anodic* merupakan proses elektrolisis yang dilakukan untuk menghasilkan lapisan oksida yang lebih tebal daripada lapisan yang terbentuk secara alami. Berikut adalah langkah-langkah proses *anodizing* pada aluminium:



Gambar 2.2 Tahapan proses anodisasi (Sumber : *Mirto Art Studio*)

1. *Cleaning* (Pembersihan)

Cleaning merupakan proses untuk membersihkan bagian yang akan di anodisasi agar diperoleh hasil akhir yang memuaskan. Komposisi cairan *cleaning* berupa detergen murni (Na_2CO_3) dengan konsentrasi larutan 5 gr/liter. 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 dari bahan kimia yang menempel pada permukaan aluminium sebelum dilakukan proses *etching*.

3. *Etching* (Etsa)

Etching (etsa) adalah proses menghilangkan lapisan oksida alami yang ada pada permukaan aluminium yang tidak dapat dihilangkan dengan proses sebelumnya baik itu proses *cleaning* atau *rinsing*. Selain itu, proses etsa juga ditujukan agar permukaan benda kerja lebih halus. Komposisi cairan etsa berupa larutan soda api (NaOH) dengan konsentrasi 100 gr/liter.

4. *Rinsing etching*

Proses *rinsing etching* adalah proses pembersihan benda kerja aluminium setelah proses *etching* dengan menggunakan air dari bahan kimia yang menempel pada permukaan aluminium sebelum dilakukan proses *anodizing*

5. *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) 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.

6. *Rinsing anodizing*

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

2.6 Pembentukan Lapisan Oksida Aluminium

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:

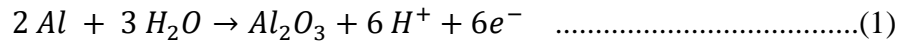
1. Keras, aluminium oksida (Al_2O_3) memiliki kekerasan sebanding dengan *Sapphire*
2. Tahan terhadap beban
3. Transparan
4. Tidak ada serpihan
5. Berubah warna

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 kecerahan nya 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 (Al_2O_3) 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 di anodisasi, 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

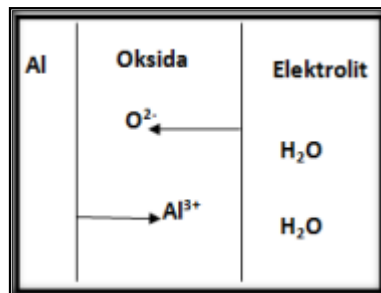
tertentu dari logam aluminium mampu teroksidasi menjadi bentuk ion sehingga logam ini dapat berikatan dengan oksigen serta membentuk lapisan oksida.

Reaksi pembentukan lapisan oksida pada aluminium adalah:



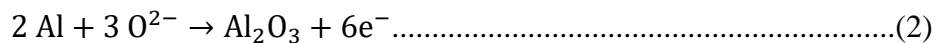
Logam aluminium pada sel anodisasi diposisikan sebagai anoda sehingga pada akhirnya logam inilah yang akan teroksidasi. Katoda yang digunakan adalah elektroda *inert*. Katoda dan anoda dicelupkan ke dalam larutan elektrolit yang bersifat asam maupun basa, hal ini dimaksudkan agar pH aluminium berada 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 (Sidharta et al., 2012).



Gambar 2.3 Ilustrasi transport ion ke lapisan oksida

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



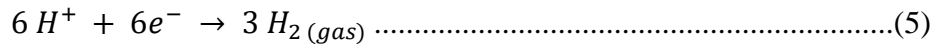
Reaksi pada oksida/elektrolit:



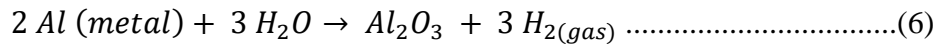
Total reaksi pada anoda:



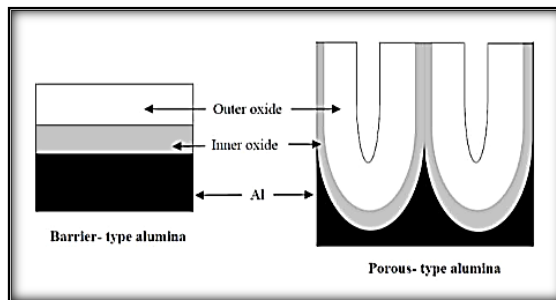
Sedangkan reaksi yang terjadi pada katoda adalah:



Sehingga total reaksi yang terjadi pada proses anodisasi adalah:



Terbentuknya lapisan oksida pada permukaan logam yang di anodisasi bergantung pada jenis elektrolit yang digunakan, lapisan dasar oksida (*barrier type oxide film*) dan lapisan pori oksida (*porous oxide film*) dapat terbentuk selama proses anodisasi Lapisan oksida yang dihasilkan mempunyai struktur yang *porous* atau berpori dengan bentuk strukturnya heksagonal, dengan pori yang terdapat di tengah. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4.

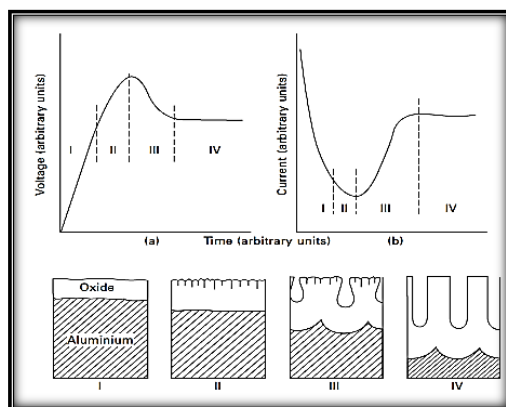


Gambar 2.4 Skema lapisan pori hasil anodisasi (Rohman, 2012)

Secara umum, terdapat dua tipe lapisan oksida aluminium yaitu: tipe lapisan *barrier* dan tipe lapisan *porous*. Lapisan *barrier* adalah lapisan 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. 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 di karakterisasi menjadi beberapa parameter diantaranya ketebalan pori, ketebalan dinding, ketebalan lapisan *barrier*, dan jarak antar pori (Sakti, 2008).

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

1. Penambahan *barrier layer* yang ditandai dengan penurunan arus yang mengalir. *Barrier layer* ini merupakan lapisan oksida aluminium yang menebal akibat adanya reaksi oksidasi pada permukaan logam. Akibat adanya penebalan maka hambatan yang ditimbulkan menjadi lebih besar. Hal itulah yang menimbulkan penurunan arus selama pembentukan *barrier layer*.
2. Setelah *barrier layer* menebal, mulai terlihat benih-benih pori dekat batas antara oksida dan larutan. Pada tahapan ini terjadi penurunan arus pada sistem dan akan mencapai titik minimum saat tahapan ini berhenti.
3. Inisiasi pori yang terbentuk menjadi awal pembentukan struktur oksida berpori. Bentuk pori pada tahapan ini tidak sempurna dan terjadi peningkatan arus yang mengalir pada sistem.
4. Arus yang mengalir pada sistem akan terus meningkat dengan semakin sempurnanya morfologi lapisan oksida. Peningkatan ini terjadi hingga pada suatu saat arus yang mengalir akan konstan saat struktur berpori telah terbentuk sempurna. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Tegangan dan arus yang terjadi pada pembentukan lapisan oksida anodizing (Yerokhin, 2010).

Keterangan gambar:

- I. Pembentukan *barrier layer*
- II. Awal pembentukan pori-pori.
- III. Pori terbentuk dan berkembang.
- IV. Pori yang terbentuk semakin stabil.

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.

a. 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.

b. 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 lainnya dianggap sebanding.

c. 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.

d. 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 Tujuan Proses *Anodizing*

Anodizing dilaksanakan dengan berbagai alasan serta tujuan tertentu, dimana untuk menyesuaikan dengan kebutuhan yang diinginkan. Adapun dengan pemakaian *anodizing* mempunyai maksud untuk memperbaiki sifat ataupun penerapan, yaitu diantaranya:

1. Meningkatkan ketahanan korosi

Dari proses anodisasi, lapisan oksida yang terbentuk pada permukaan logam lebih tahan terhadap serangan korosi dalam lingkungan air garam serta atmosfer. Lapisan oksida yang terbentuk akan melindungi logam di bawahnya dengan bertindak sebagai penghalang (*barrier*) dari serangan lingkungan yang lebih korosif.

2. Meningkatkan ketahanan aus (*wear resistant*)/*durability*

Proses *hard anodizing* dapat menghasilkan lapisan oksida dengan ketebalan 25 – 100 mikron. Lapisan tersebut, dengan kekerasan inheren aluminium oksida yang cukup tebal dapat digunakan untuk aplikasi di bawah kondisi ketahanan abrasi. Lapisan oksida (Al_2O_3) ini memiliki kekerasan yang tinggi (sebanding dengan *sapphire*) atau paling keras setelah intan.

3. Isolator listrik

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

4. Aplikasi dekorasi/tampilan

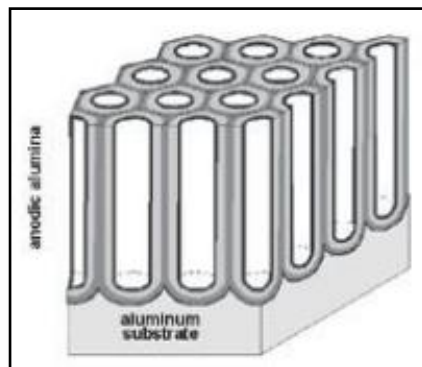
Pada permukaan logam, lapisan oksida yang terbentuk memiliki tampilan yang mengkilap, dimana pada aluminium tampilan oksida yang alami sangat diinginkan. Selain itu, lapisan oksida yang terbentuk dapat diberi warna dengan cara atau metode lain. Pewarnaan organik akan diserap pada lapisan pori untuk menghasilkan warna tertentu, dan pigmen

yang mengendap di dalam pori akan menghasilkan warna yang stabil
(*Aluminium Handbook 2, 2003 dan ASM Handbook vol. 13, 1987*).

2.9 Nano Porous Aluminium Oxide

Salah satu kajian nano teknologi 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 temperatur, tegangan, jenis larutan dan konsentrasi larutan tertentu.

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 1950an maka berkembanglah penelitian untuk karakteristik oksida anodisasi. Namun teori pertumbuhan oksida belum dapat dibuktikan secara pasti pada masa ini.



Gambar 2. 6 Struktur nanoporous aluminium oxide

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. 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.

Saat ini *nano porous aluminium oxide* telah banyak dikaji untuk aplikasi produk nano teknologi 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*

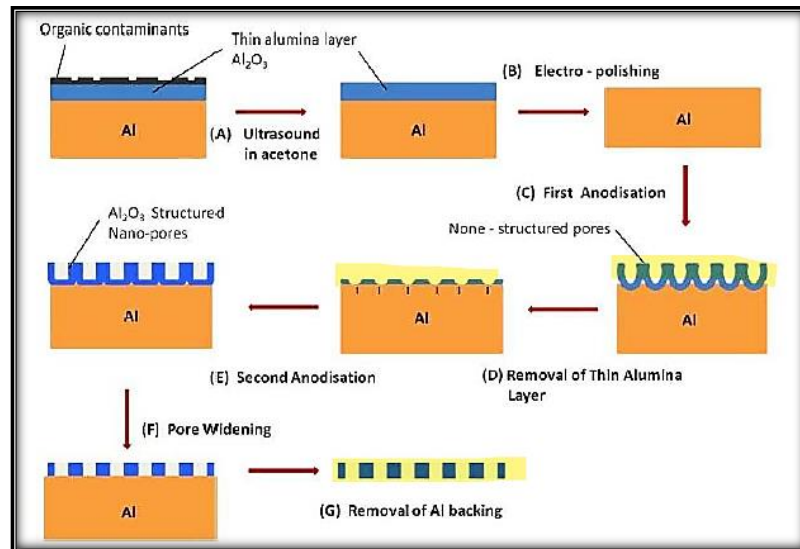
Carbon nanotube adalah tabung karbon hexagonal yang berorde nanometer. Sebuah *carbon nanotube* terdiri dari jaringan atom-atom karbon yang tersusun secara hexagonal. Perbandingan diameter dan panjang dari *carbon nanotube* bias mencapai 1:1000. *Carbon nanotube* mempunyai sifat mekanis, elektrik dan 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 nano struktur seperti *nanodots* dan *nanowires*

Membran AAO dapat diproduksi menggunakan proses anodisasi satu, dua atau tiga langkah. Untuk meningkatkan pemesanan pori/sel pada antarmuka oksida/elektrolit, proses anodisasi dua langkah dikembangkan lebih lanjut oleh Masuda dan Satoh. Proses ini memungkinkan pembuatan konfigurasi heksagonal ideal yang padat dari saluran pori lurus dan paralel dari antarmuka logam/oksida ke antarmuka oksida/elektrolit. Gambar 2.7

menyajikan skema proses anodisasi dua langkah. Struktur inilah yang baru-baru ini menerima minat yang kuat untuk kemungkinan aplikasi dalam pembuatan bahan nano.



Gambar 2. 7 Skema proses anodisasi dua langkah.

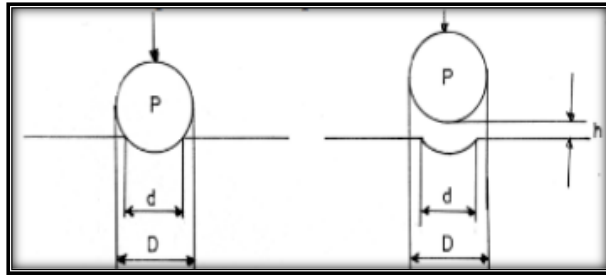
2.10 Uji Mekanik (*Mechanical Test*)

2.10.1 Pengujian Kekerasan atau *Hardness Test*

Pengujian kekerasan adalah jenis pengujian mekanik yang penting untuk logam *ferrous* dan *nonferrous*. Tujuan pengujian kekerasan adalah untuk mengetahui ketahanan dari deformasi plastis, bila diberikan beban/gaya dari luar. Prinsip pengujian kekerasan terhadap spesimen uji yang permukaannya telah dipreparasi dilakukan penekanan dengan indenter. Beban yang digunakan untuk setiap jenis logam adalah berbeda, tergantung terhadap metode pengujian dan pengukuran yang digunakan. Ada tiga metode pengujian yang paling sering digunakan untuk logam yaitu metode *brinell*, metode *vickers* dan metode *rockwell*.

1. Metode *Brinell*

Pengujian dengan metode ini dilakukan dengan indenter yang berbentuk bola dengan beban dan waktu tertentu, seperti terlihat pada Gambar 2.8. Harga kekerasan diperoleh dari persamaan berikut ini:



Gambar 2. 8 Geometri indenter brinell (Asruddin, 2019)

$$H = \frac{2P}{[\pi D(-\sqrt{D^2 - d^2})]} = \frac{P}{D \cdot h}$$

dengan:

\$P\$ = Beban bola penekanan yang diberikan (Kgf)

\$D\$ = Diameter bola penekanan (mm), \$d\$ = Diameter jejak (mm)

Pemilihan diameter bola dan besar beban tergantung pada jenis logam serta ketebalannya. Perubahan indenter akan diikuti dengan perubahan beban akan didapatkan \$H_b\$ yang sama.

$$\frac{P_1}{D_1^2} = \frac{P_2}{D_2^2} = \frac{P_3}{D_3^2}$$

Jika \$D\$ terlalu besar dan \$P\$ terlalu kecil, maka bekas lekukan akan terlalu kecil sehingga sukar diukur dan akan memberi informasi yang keliru. Jika \$D\$ terlalu kecil dan \$P\$ terlalu besar dapat berakibat amblasnya bola, sehingga memberikan harga kekerasan yang keliru. Beberapa parameter penting yang mempengaruhi harga kekerasan *Brinell*:

- a. Kekerasan permukaan.
- b. Posisi spesimen saat pengujian.
- c. Kebersihan permukaan spesimen.

2. Metode *Vickers*

Pengujian dengan metode ini prosesnya sama dengan metode *brinell* yang berbeda hanya pada bentuk indenter yaitu berbentuk piramida bujur sangkar dengan sudut puncak 136 terbuat dari intan, seperti terlihat pada Gambar 2.9. Harga kekerasan *vickers* diperoleh dengan rumus:

$$H_v = \frac{2P \sin\left(\frac{O}{2}\right)}{L^2} = \frac{1,854 \cdot P}{L^2}$$

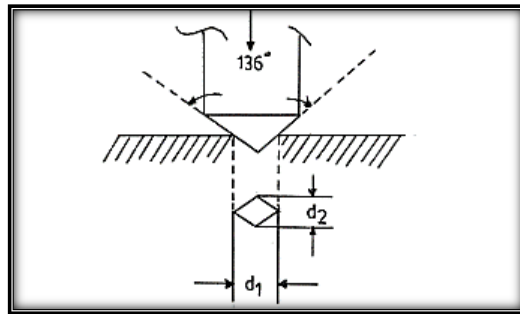
dengan:

P = Beban yang diberikan (kg),

L = Diagonal rata-rata (mm) = $(d_1+d_2)/2$,

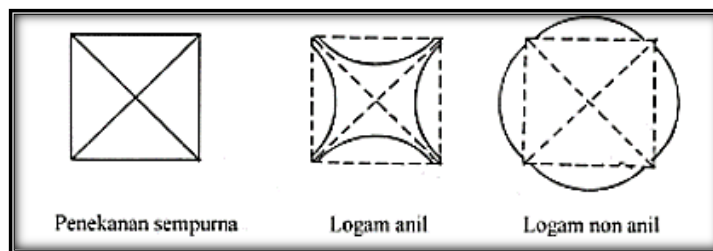
O = Sudut puncak 136

Uji kekerasan *vickers* mempunyai kelebihan dalam jangkauan pemeriksaan yang luas dengan pemakaiannya beban tunggal (HV5- HV1500). Beban yang dipakai biasanya antara 1 – 120 kg.



Gambar 2. 9 Geometri indentor *vickers* (Asruddin, 2019)

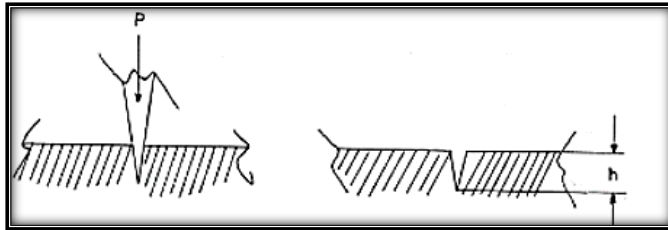
Hasil penekanan akan berbentuk bujur sangkar dengan diagonal yang akan diukur dengan mikroskop, seperti dalam Gambar 2.10



Gambar 2. 10 Jejak hasil penekanan indentor (Asruddin, 2019)

3. Metode *Rockwell*

Pada metode ini digunakan indentor intan yang berbentuk kerucut, seperti terlihat pada Gambar 2.11. Kerucut akan menekan permukaan logam sedalam “h” dari permukaan. Jarak “h” menentukan kekerasan dari logam uji.



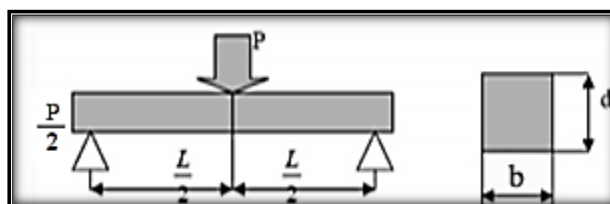
Gambar 2. 11 Indentor *rockwell* (Asruddin, 2019)

Harga kekerasan diperoleh dari pembacaan langsung pada skala alat pengujian *rockwell* antara lain:

- a. Metode Rockwell C (HRC), menggunakan indenter kerucut intan sudut 120 dengan diameter ujung 0,2 mm. Beban yang dipakai 150 kg dengan pre-load 10 kg. Pengujian untuk *steel* dan *hardened steel* dengan $h > (0,6-0,7)$ mm.
- b. Metode Rockwell A (HRA), menggunakan indenter sama dengan Rockwell C dan beban yang sama pula 150 kg. pengujian untuk material $h < (0,4-6)$ mm.
- c. Metode Rockwell B (HRB), menggunakan indenter baja bentuk bola dengan diameter 1116” dan beban 100 kg dipakai untuk material *unhardened steel* dan *non ferrous*.

2.10.2 Uji *Bending* (Tekuk)

Pengujian tekuk (*bending test*) merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara visual. Selain itu uji bending digunakan untuk mengukur kekuatan material akibat pembebanan. Dimensi balok dapat kita lihat pada Gambar 2.12 berikut ini: (Standar ASTM D790-02)



Gambar 2. 12 Penampang uji bending (Standar ASTM D 790-20)

Momen yang terjadi pada komposit dapat dihitung dengan persamaan:

$$M = \frac{P}{2} \cdot \frac{L}{2}$$

Menentukan kekuatan *bending* menggunakan:

$$\sigma_b = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2}$$

Sedangkan untuk menentukan modulus elastisitas *bending* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Eb = \frac{L^2 \cdot P}{4 \cdot b \cdot d^2}$$

Dimana:

σ_b = kekuatan *bending* (MPa)

P = beban yang diberikan (N)

L = jarak antara titik tumpuan (mm)

B = lebar spesimen (mm)

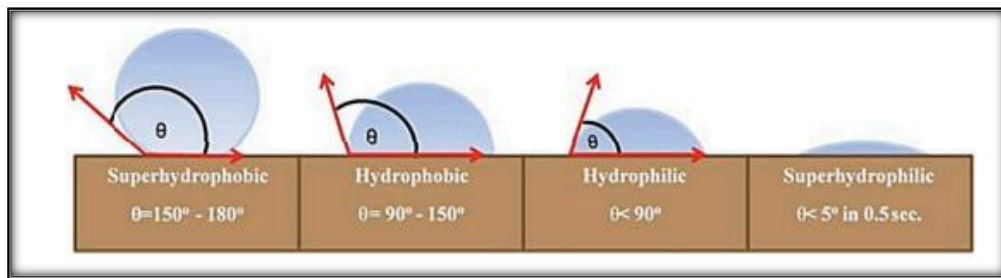
d = tebal spesimen (mm)

δ = defleksi (mm)

Eb = modulus elastisitas (MPa)

2.10.3 Uji *Wettability*

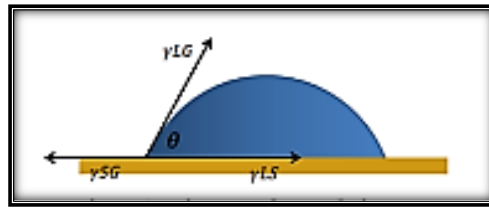
Keterbasahan (*wettability*) adalah kondisi suatu permukaan yang menentukan sejauh mana cairan akan ditarik oleh permukaan, mempengaruhi *absorpsi*, penetrasi dan penyebaran perekat (Marra, AA., 1992). Dalam material komposit, ikatan antara serat dan matriks akan berpengaruh pada sifat mekanisnya, dimana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



Gambar 2. 13 Sudut kontak air (Alharbi et al., 2016)

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

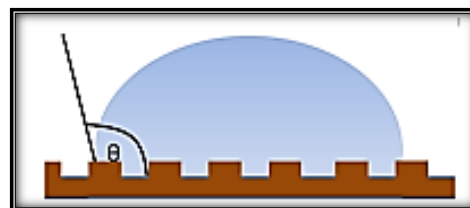
Terdapat tiga model yang mampu menjelaskan analisa kebasahan suatu material, yaitu model *Young*, model *Wenzel*, dan model *Cassie-Baxter*. Tingkat kebasahan pada suatu material sangatlah kompleks karena dipengaruhi oleh faktor kekasaran dan sifat kimianya, sehingga sudut kontak tidak bisa diasumsikan dengan model *young* yang mengasumsikan air menetes pada permukaan yang halus dan datar secara sempurna, seperti Gambar 2.14.



Gambar 2. 14 Ilustrasi model *Young*

Young mengilustrasikan sudut kontak pada permukaan datar dimana γ_{SA} dan γ_{SL} adalah tegangan permukaan solid-air dan solid-liquid, serta γ_{LA} adalah tegangan permukaan liquid-air.

Model *Wenzel* menjelaskan mengenai kebasahan yang homogen dimana air akan memenuhi setiap lekukan permukaan kasar dan terjadi kontak antara air dan permukaan solid. Besar area kontak akan semakin berkurang seiring dengan bertambah kasarnya permukaan dan sudut kontak akan bertambah. Namun, hal ini bergantung pada sifat asli permukaan itu sendiri. Pada permukaan *hydrophobic*, kekasaran permukaan akan mengakibatkan bertambah besarnya sudut kontak, sehingga permukaan akan semakin menolak air. Sedangkan pada permukaan *hydrophilic*, penambahan kekasaran hanya akan menyebabkan sudut kontak semakin menurun dan permukaan semakin mudah menyerap air.



Gambar 2. 15 Ilustrasi model *Wenzel*

Salah satu ciri khas dari model *Wenzel* adalah asumsi *hydrophobic* yang disebabkan adanya kekasaran, sehingga persamaan untuk sudut kontak pada permukaan kasar model *Wenzel*, didapati faktor r “rasio kekasaran”. Pada pemodelan *Cassie-Baxter* sering disebut dengan model kantung udara dan memiliki tingkat kebasahan yang heterogen. Keadaan ini menjelaskan adanya udara yang terjebak pada saat air ditetaskan ke permukaan.