

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Kajian Pustaka

Aluminium merupakan salah satu material logam yang banyak dimanfaatkan dan dikembangkan. Dalam berbagai macam aplikasi khususnya dalam dunia perindustrian manufaktur dan otomotif. Agar kualitas fisik maupun mekanis dari aluminium semakin baik dalam segi ketahanan dan nilai dekoratif maka diperlukan sebuah *treatment* khusus untuk meningkatkan kualitas dari aluminium, salah satu metode yang digunakan yaitu dengan menggunakan proses *anodizing*. Metode *anodizing* adalah sebuah proses *surface treatment* untuk meningkatkan ketebalan lapisan protektif alami pada logam aluminium.

Lapisan oksida adalah bagian dari logam aluminium yang dilapisi, namun memiliki struktur berpori yang memberikan reaksi untuk proses pewarnaan, proses *anodizing* dapat mengubah permukaan aluminium menjadi lebih dekoratif dan tahan terhadap korosi. Aluminium adalah logam yang paling sesuai untuk proses *anodizing*. Logam *non ferrous* lainnya yang dapat digunakan untuk *anodizing* adalah magnesium dan titanium (Taufiq, 2011).

Anodizing atau oksida anoda secara luas digunakan untuk tujuan protektif perlindungan dan dekorasi permukaan aluminium. Proses *anodizing* prinsipnya hampir sama dengan proses pelapisan listrik (*elektroplating*), tetapi bedanya logam yang akan dilapisi ditempatkan sebagai anoda didalam larutan elektrolit. Perbedaan lain larutan elektrolit yang digunakan bersifat asam dan arus yang digunakan searah (*DC*) *direct current*. Proses utama, dalam *anodizing* aluminium

memerlukan larutan asam sulfat, asam kromat atau campuran asam sulfat dan asam oksalat (Santhiarsa, 2010).

Asam sulfat yang digunakan harus asam pekat, serta asam tersebut menjadi oksidator. Beberapa manfaat dari oksidasi anoda aluminium adalah meningkatkan ketahanan korosi, memperbaiki penampilan dan meningkatkan ketahanan abrasi. Biasanya oksidasi anodik menggunakan asam sulfat (H_2SO_4), karena selain murah dan mudah untuk didapatkan, dan hasil pelapisannya mempunyai sifat estetika dan fungsional yang luas (Santhiarsa, 2009).

Pada penelitian yang pernah dilakukan oleh Pujianta dan Ary (2008), yang meneliti tentang pengaruh waktu penahan pencelupan pada proses *anodizing* terhadap ketebalan lapisan oksida dan nilai kekerasan dan laju korosi lapisan oksida menggunakan material aluminium murni dengan variasi lama waktu pencelupan 30, 40, dan 50 menit serta rapat arus 2 *Ampere*. Pada spesimen hasil *anodizing* tebal lapisan oksida diamati dengan menggunakan *inverted microscope*, kekerasan dengan menggunakan *mikro vikers* dan laju korosi dengan cara dicelupkan kedalam larutan NaCl 5% selama 120 jam, kemudian diukur pengurangan beratnya. Dari hasil penelitian didapat tebal lapisan oksida aluminium *anodizing* tertinggi dengan waktu penahanan pencelupan 50 menit sebesar 105 μm . Semakin lama waktu penahanan pencelupan *anodizing* maka semakin tebal lapisan oksida yang dihasilkan. Nilai kekerasan tertinggi didapat pada variasi waktu penahanan pencelupan *anodizing* 30 menit sebesar 53,633 VHN. Dengan bertambahnya waktu penahanan pencelupan menyebabkan kecenderungan naiknya nilai kekerasan. Besarnya laju korosi untuk variasi waktu

anodizing 30 menit sebesar 0,120 mm/tahun, 40 menit sebesar 0,060 mm/tahun, 50 menit belum memperlihatkan adanya laju korosi. Bertambahnya waktu penahanan pencelupan akan mengurangi laju korosi pada aluminium *anodizing*. Kemudian Priadi dan Pardi (2010) meneliti tentang pengaruh variasi waktu penahanan pencelupan terhadap ketebalan lapisan dan laju korosi pada kuningan cor yang di *anodidizing*, dengan menggunakan rapat arus sebesar 3 Ampere dan variasi waktu proses *anodizing* 20, 30, dan 40 menit. Hasil penelitiannya didapat, waktu terbaik proses *anodizing* yaitu 40 menit dengan tebal lapisan yang terbentuk pada permukaan kuningan sebesar 25 μm . Semakin lama waktu penahanan pencelupan pada proses *anodizing* maka semakin tebal lapisan oksida pada permukaan kuningan cor.

Kemudian Sampurna (2016) meneliti tentang pengaruh variasi lama waktu terhadap sifat fisik dan mekanik dalam proses *anodizing* aluminium seri 1XXX, mengambil kesimpulan bahwa lama waktu pencelupan yang digunakan pada proses *anodizing* mempengaruhi naiknya nilai kekerasan dari aluminium 1XXX setelah di-*anodizing*, namun demikian dengan menggunakan densitas arus yang terlalu tinggi terhadap lama waktu yang digunakan juga mempengaruhi turunya nilai kekerasan dari aluminium *anodizing*.

Dari beberapa penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa pengaruh lama waktu pencelupan pada proses *anodizing* terhadap kekerasan pada permukaan aluminium murni cenderung meningkat seiring bertambahnya lama waktu proses pencelupan. Kemudian pengaruh variasi lama waktu pencelupan proses *anodizing* terhadap ketebalan lapisan oksida pada permukaan aluminium murni semakin

banyak terbentuk seiring dengan bertambahnya waktu proses pencelupannya. Selain beberapa faktor diatas pengaruh rapat arus, tegangan, konsentrasi elektrolit, dan jenis material yang digunakan juga mempengaruhi karakteristik permukaan material yang di-*anodizing*.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Pengertian *Anodizing*

Anodizing adalah proses pembentukan lapisan oksida pada logam dengan cara mereaksikan atau mengkorosikan suatu logam terutama aluminium dengan oksigen (O₂) yang diambil 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 (*elektroplating*), tetapi bedanya logam yang akan dioksidasi ditempatkan sebagai anoda didalam larutan elektrolit. Perbedaan lain larutan elektrolit yang digunakan bersifat asam dengan penyearah arus *direct current* (DC) bertipe dan ampere tinggi.

Pengertian lain dari *anodizing* adalah proses pelapisan secara elektrolisis yang merubah aluminium menjadi aluminium oksida (Al₂O₃) pada permukaan yang akan dilapisi. Dari definisi tersebut dapat diketahui bahwa prinsip dasar proses *anodizing* adalah elektrolisis. 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 (sebagai benda kerja). Karakteristik dalam lapisan *anodizing* menghasilkan suatu lapisan tipis oksida yang baik terhadap logam dasarnya.

2.2.2. Jenis – jenis *Anodizing*

Reaksi dasar dari proses *anodizing* adalah merubah permukaan aluminium menjadi aluminium oksida dengan menekan bagian logam sebagai anoda di dalam bagian elektrolis. Pada proses *anodizing* terdapat 3 tipe *anodizing* yang paling umum digunakan antara lain :

1. *Chromic Acid Anodizing* (CAA)

Tipe ini menggunakan larutan elektrolit *chromic acid* dan menghasilkan lapisan yang paling tipis, hanya sekitar 0,5 hingga 2,5 mikron. Pada saat proses berlangsung, 50% Al_2O_3 terintegrasi ke dalam lapisan dan 50% pertumbuhan lapisan kearah luar. Dapat meningkatkan ketahanan korosi pada aluminium. Lapisan yang dihasilkan cenderung lebih ulet dibandingkan tipe lainnya.

2. *Sulfuric Acid Anodizing* (SAA)

Tipe ini adalah yang paling umum dilakukan yaitu dengan menggunakan larutan *sulfuric acid* sebagai elektrolit dengan kemampuan menghasilkan lapisan protektif hingga 25 mikron. Selama proses berlangsung, 67% lapisan oksida melindungi dan sisanya tumbuh kearah luar. Lapisan yang dihasilkan berpori sehingga dapat dilakukan pewarnaan. Tipe ini biasanya digunakan untuk aplikasi arsitektur, bagian pesawat terbang, otomotif, maupun computer.

3. *Hard Coating Anodizing* (HCA)

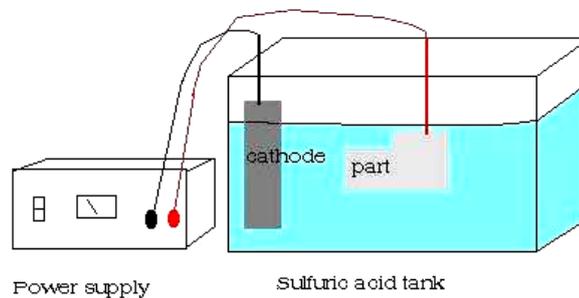
Menggunakan larutan elektrolit yang sama dengan (SAA) namun dengan konsentrasi elektrolit yang lebih tinggi pada temperatur yang lebih rendah. Lapisan yang dihasilkan lebih tangguh, memiliki ketahanan abrasi yang baik, ketahanan korosi, anti pudar, tahan terhadap suhu tinggi, dan memiliki kekerasan yang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

2.2.3. Klasifikasi Anodizing

Adapun klasifikasi yang ada dalam proses anodizing adalah sebagai berikut :

1. Elektroda

Elektroda adalah sebuah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan bagian sebuah non-logam dari sebuah sirkuit. Pada percobaan *anodizing* digunakan elektron aluminium sebagai anoda dan katodanya adalah logam timbal (Pb). Elektron dalam sebuah sel elektrolisis ditunjuk sebagai anoda atau sebuah katoda. Anoda didefinisikan sebagai elektroda dimana elektron memasuki sel dan reduksi terjadi. Setiap elektroda dapat menjadi sebuah anoda atau katoda tergantung tegangan yang diberikan ke sel elektrolit. Sebuah Elektroda bipolar adalah elektroda yang berfungsi sebagai anoda dari sebuah sel elektrokimia dan katoda bagi sel elektrokimia lainnya. Skema elektroda proses *anodizing*, dapat ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Skema elektroda proses *anodic oxidation* (Taufiq. T., 2011)

2. Elektrolit

Komponen yang tidak kalah penting lainnya yaitu larutan elektrolit. Elektrolit adalah suatu senyawa yang bila dilarutkan dalam pelarut akan menghasilkan larutan yang dapat menghantarkan arus listrik. Elektrolit sering diklasifikasikan berdasarkan kemampuannya dalam menghantarkan arus listrik. Elektrolit yang dapat menghantarkan dengan baik digolongkan kedalam elektrolit kuat, contohnya yaitu asam klorida (HCl), asam sulfat (H₂SO₄), dan asam nitrat (HNO₃). Selain elektrolit kuat, ada pula golongan elektrolit lemah seperti asam cuka encer (CH₃CO₂H), aluminium hidroksida, kalium karbonat (CaCO₃).

3. Elektrolisis

Elektrolisa benda kerja yang berupa aluminium pada proses anodizing berlaku sebagai anoda dengan dihubungkan pada kutub positif catu daya. Logam aluminium akan berubah menjadi ion aluminium yang larut dalam larutan asam sesuai dengan rumus (2.1) berikut :



Jumlah zat yang bereaksi pada elektroda sel elektrolisis berbanding lurus dengan jumlah arus yang melalui sel tersebut, jika sejumlah arus tertentu mengalir melalui beberapa elektrolisis. Maka akan dihasilkan jumlah ekuivalen masing-masing zat. Hukum Faraday ini dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan (2.2)

berikut :

$$n = \frac{i \cdot t}{F \cdot z} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

n : jumlah zat (mol)

i : arus listrik (ampere)

F : tetapan Faraday (1 Faraday = 96485 coulomb/mol)

z : jumlah elektron yang ditransfer per ion

Mengingat, massa zat adalah perkalian massa atom (AR) dengan mol atom maka dari persamaan diatas bisa dimodifikasi menjadi :

$$n \cdot AR = \frac{i \cdot t}{F \cdot z} \cdot AR \dots\dots\dots (2.3)$$

$$m = \frac{i \cdot t \cdot AR}{F \cdot z} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$\frac{m}{t} = \frac{i \cdot AR}{F \cdot z} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

n : jumlah zat (mol)

i : arus listrik (ampere)

F : tetapan Faraday (1 Faraday = 96485 coulomb/mol)

z : jumlah elektron yang ditransfer per ion

AR : massa atom

Untuk aluminium, Seperti yang ditunjukkan pada rumus (2.6) berikut :

$$\frac{m}{t} = \frac{i \cdot 26,98}{96485 \cdot 3} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$\frac{m}{t} = 9,32 \times 10^{-5} \cdot i \dots\dots\dots (2.7)$$

Dari persamaan di atas dapat disimpulkan bahwa laju massa aluminium yang larut berbanding lurus dengan besarnya arus listrik yang digunakan.

2.2.4 Aluminium

Aluminium merupakan unsur *non ferrous* yang paling banyak terdapat di bumi. Aluminium merupakan logam yang mempunyai sifat ringan, tahan korosi, penghantar listrik dan panas yang baik, serta mudah dibentuk. Paduan aluminium dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu aluminium *wrought alloy* (lembaran) dan aluminium *casting alloy* (batang cor). Aluminium (99,99%) memiliki berat jenis sebesar $2,7 \text{ g/cm}^3$, densitas $2,685 \text{ kg/m}^3$, dan titik leburnya pada suhu 660°C . aluminium memiliki *strength to weight ratio* yang lebih tinggi dari baja. Sifat tahan korosi aluminium diperoleh dari terbentuknya lapisan oksida aluminium dari permukaan aluminium. Lapisan oksida ini melekat kuat dan rapat pada permukaan, serta stabil/tidak bereaksi dengan lingkungan sekitar, sehingga melindungi bagian dalam.

Unsur- unsur paduan dalam aluminium antara lain :

1. Tembaga atau *Cuprum* (Cu), menaikkan kekuatan dan kekerasan, namun menurunkan elongasi (pertambahan perpanjangan saat ditarik). Kandungan Cu dalam aluminium yang paling optimal adalah antara 4-6%.
2. Seng (Zn), menaikkan nilai tensile.
3. Mangan (Mn), menaikkan kekuatan dalam temperatur tinggi.
4. Magnesium (Mg), menaikkan kekuatan aluminium dan menurunkan nilai *ductility*-nya. Ketahanan korosi dan *weldability* juga baik.
5. Silikon (Si), menyebabkan paduan aluminium tersebut bisa diperlakukan panas untuk menaikkan kekerasannya. Lithium (Li), ditambahkan untuk memperbaiki sifat tahan oksidasinya.

Berbagai sifat aluminium antara lain :

1. Memiliki ketahanan yang baik terhadap larutan kimia, cuaca/udara, dan berbagai gas, sehingga membantu ketahanan terhadap korosi.
2. Dapat ditingkatkan kekuatan mekanis dan fisiknya dengan penambahan unsur-unsur paduan.
3. Memiliki sifat reflektivitas yang sangat baik.
4. Konduktivitas panas dan listrik tinggi.
5. Memiliki sifat elastisitas yang tinggi, sehingga materil ini sering digunakan dalam aplikasi yang melibatkan kondisi pembebanan kejut.
6. Biaya fabrikasi rendah.
7. Mudah ditempa dan dibentuk.

2.2.5. Aluminium Seri 6

Penambahan sedikit Mg pada Al akan menyebabkan penguatan penguatan sangat jarang terjadi, namun apabila secara simultan mengandung Si, maka dapat diperkeras dengan penguatan panas setelah perlakuan pelarutan. Hal ini dikarenakan senyawa Mg_2Si berkelakuan sebagai komponen murni dan membuat keseimbangan dari sistem biner semu dengan Al. Paduan dalam sistem ini memiliki kekuatan yang lebih kecil dibanding paduan lainnya yang digunakan sebagai bahan tempaan, tetapi sangat liat, sangat baik kemampuan bentuknya untuk penempaan, ekstrusi dan sebagai tambahan dapat diperkuat dengan perlakuan panas setelah pengerjaan. Paduan 6063 banyak digunakan sebagai rangka konstruksi. Karena paduannya memiliki kekuatan yang cukup baik tanpa mengurangi hantaran listrik maka dipergunakan untuk kabel tenaga. Dalam hal ini percampuran dengan Cu, Fe, dan Mn perlu dihindari karena unsur-unsur tersebut menyebabkan tahanan listrik menjadi tinggi. Magnesium dan Silikon membentuk senyawa Mg_2Si (Magnesium Silisida) yang memberikan kekuatan tinggi pada paduan ini setelah proses heat treatment. Seri 6053, 6061, 6063 memiliki sifat tahan korosi sangat baik dari pada heat treatable aluminium lainnya. Penggunaan aluminium seri 6xxx banyak digunakan untuk piston motor dan silinder head motor bakar.

Tabel 2.1. komposisi Aluminium seri 6

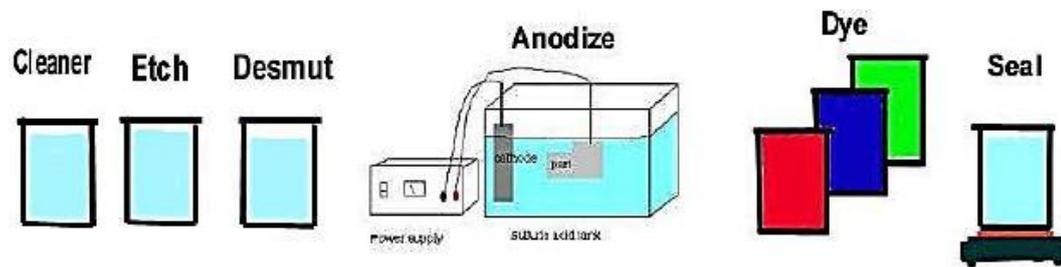
Designation	Si,%	Cu,%	Mn,%	Mg,%	Cr,%	Others,%
6003	0.35-1.0	0.10 max.	0.8 max.	0.8-1.5	0.35 max.	-
6005	0.6-0.9	0.10 max.	0.10 max.	0.4-0.6	0.10 max.	-
6053	*	0.10 max.	-	1.1-1.4	0.15- 0.35	-
6061	0.4-0.8	0.15-0.40	0.15 max.	0.8-1.2	0.04- 0.35	-
6063	0.2-0.6	0.10 max.	0.10 max.	0.45- 0.9	0.10 max.	-
6066	0.9-1.8	0.7-1.2	0.6-1.1	0.8-1.4	0.40 max.	-
6070	1.0-1.7	0.15-0.40	0.4-1.0	0.50- 1.2	0.10 max.	-
6101	0.3-0.7	0.10 max.	0.03 max.	0.35- 0.8	0.03 max.	B 0.06% max.
6105	0.6-1.0	0.10 max.	0.10 max.	0.45- 0.8	0.10 max.	-
6151	0.6-1.2	0.35 max.	0.20 max.	0.45- 0.8	0.15- 0.35	-
6162	0.4-0.8	0.20 max.	0.10 max.	0.7-1.1	0.10 max.	-

Designation	Si,%	Cu,%	Mn,%	Mg,%	Cr,%	Others,%
6253	*	0.10 max.	-	1.0-1.5	0.04- 0.35	Zn 1.6- 2.4%
6262	0.4-0.8	0.15-0.40	0.15 max.	0.8-1.2	0.04- 0.14	Pb and Bi 0.4-0.7% each
6351	0.7-1.3	0.10 max.	0.4-0.8	0.4-0.8	-	-
6463	0.2-0.6	0.20 max.	0.05 max.	0.4-0.9	-	-
6201	0.5-0.9	0.10 max.	0.03 max.	0.6-0.9	0.03 max.	B 0.06% max.

Sumber : Rasyid Dkk. (2009)

2.2.6. Proses *Anodizing*

Anodizing merupakan proses elektrolisis yang dilakukan untuk menghasilkan lapisan oksida yang lebih tebal daripada lapisan oksida yang terbentuk secara alami. Ketahanan terhadap korosi pada lingkungan akan diperoleh jika proses *anodizing* berhasil dilakukan dengan tepat. Secara umum, *anodizing* merupakan proses konversi *coating* pada permukaan logam aluminium dan paduannya untuk menjadi lapisan *porous* aluminium oksida (Al_2O_3). Langkah-langkah proses *anodizing* pada aluminium dapat ditunjukkan Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Proses *Anodizing* (Taufiq, T., 2011)

Keterangan gambar :

1. *Cleaning*

Proses *cleaning* adalah proses pembersihan benda kerja aluminium dengan menggunakan larutan detergen murni/natrium karbonat (Na_2CO_3) dan air RO (*Reverse Osmosis*), untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang menempel pada aluminium sebelum dilakukan proses *etching*.

2. *Etching*

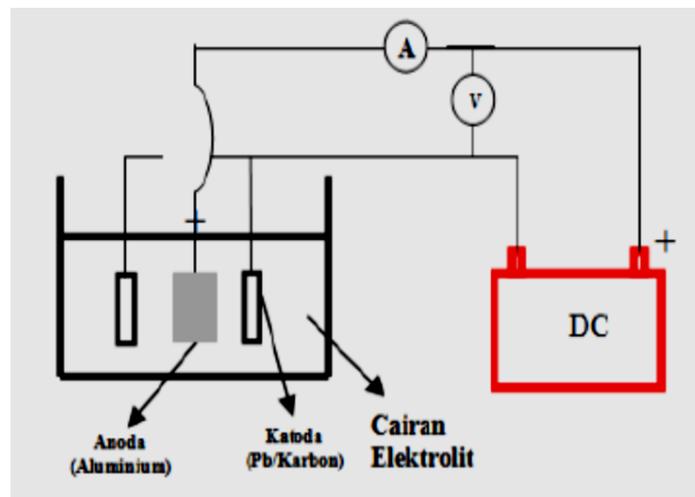
Etching (etsa) adalah proses menghilangkan lapisan oksida pada permukaan aluminium yang tidak dapat dihilangkan dengan proses sebelumnya baik itu proses *cleaning* atau *rinsing*. Selain itu, proses ini untuk memperoleh permukaan benda kerja yang lebih rata dan halus dengan menggunakan bahan soda api (NaOH) dan air RO (*Reverse Osmosis*).

3. *Desmut*

Proses *desmut* adalah suatu proses yang berfungsi sebagai pembersihan bercak-bercak hitam yang diakibatkan oleh proses *etching*. Larutan yang dipakai adalah Campuran dari asam phospat (H_3PO_4), asam sulfat (H_2SO_4) dan asam cuka ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$).

4. *Anodic oxidation*

Proses *anodic oxidation* adalah proses pelapisan secara elektrokimia yang merubah aluminium menjadi aluminium oksida dengan proses elektrolisis, larutan yang digunakan asam sulfat (H_2SO_4) dan air RO (*Reverse Osmosis*). Logam atau benda kerja dipasang pada anoda (+) dan sebagai katoda (-) dapat menggunakan lembaran Pb atau aluminium dan karbon. Rangkaian pada proses *anodic oxidation* yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Rangkaian proses *anodic oxidation* (Priyanto, A., 2012)

Logam aluminium atau benda kerja pada larutan elektrolit *anodic oxidation* sebagai anoda sehingga logam inilah yang akan teroksidasi. Persamaan (2.8) adalah reaksi yang terjadi pada anoda.



Atom atom yang terdapat pada aluminium akan teroksidasi menjadi ion-ion yang larut larutan asam sulfat (H_2SO_4). Hal ini membuat permukaan logam aluminium

menjadi berlubang membentuk pori-pori. Sedangkan katoda terjadi reaksi sebagaimana persamaan (2.9) berikut :



5. *Dyeing* (pewarnaan)

Proses pewarnaan berfungsi sebagai pemberian warna pada pori-pori lapisan oksida yang terbentuk setelah *anodic oxidation*, sehingga dihasilkan tampilan warna yang menarik pada lapisan oksida aluminium. Pewarna yang dipakai adalah pewarna khusus untuk proses *anodizing* dan air RO (*Reverse Osmosis*).

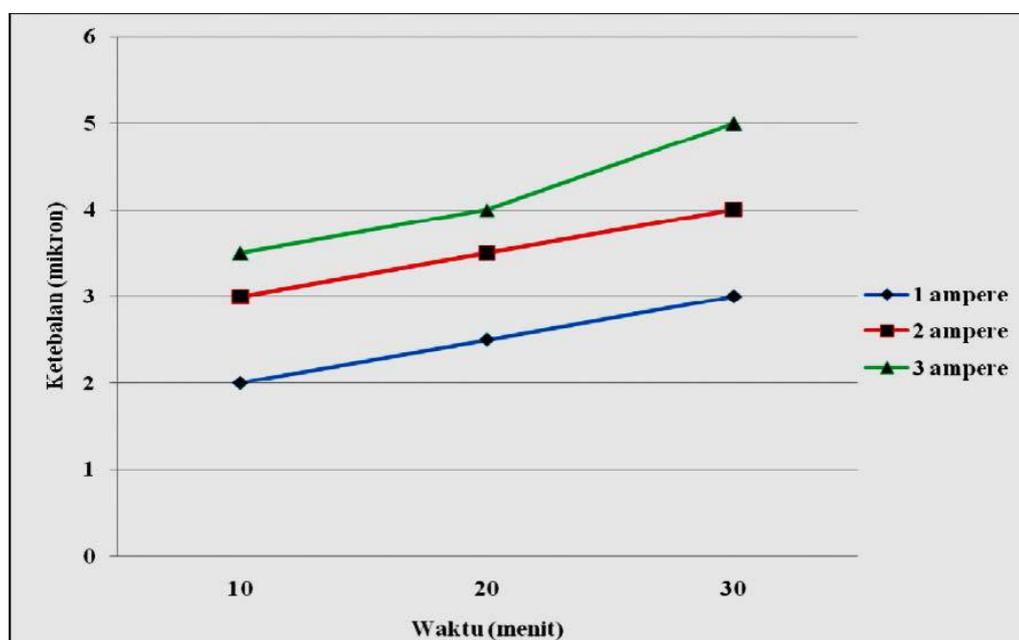
6. *Sealing*

Proses *sealing* berfungsi menutup pori-pori lapisan oksida yang dihasilkan dari proses *anodic oxidation* yang masih terbuka. Lapisan yang telah ditutup dengan proses *sealing* untuk mencegah pewarna keluar dari pori-pori lapisan oksida atau pudar, pada proses *sealing* larutan yang digunakan adalah asam asetat atau asam cuka ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$) dan air RO (*Reverse Osmosis*).

2.2.7. Waktu Pencelupan proses *anodizing*

Waktu (*time*) adalah suatu interval proses awal sampai dengan proses akhir, waktu memiliki satuan waktu (*t*). Interval pencelupan pada proses *anodizing* merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi hasil dari sebuah proses *anodizing*. Interval waktu yang lebih lama akan menghasilkan ketebalan lapisan oksida (*oxide layer*) yang lebih banyak, sehingga kekerasan permukaan akan meningkat begitupun sebaliknya. Adapun penggunaan interval waktu yang lama

diaplikasikan untuk mengimbangi proses *anodizing* yang menggunakan dimensi spesimen yang lebih tebal. Pada interval waktu yang cukup lama, cenderung akan terjadi *burning* (gosong), hal ini merupakan pengembangan dari aliran rapat arus yang terlalu lama pada area tertentu sehingga terjadi pemanasan lokal pada area tersebut. Grafik interval waktu pencelupan terhadap ketebalan lapisan oksida dapat ditunjukkan pada Gambar 2.4.



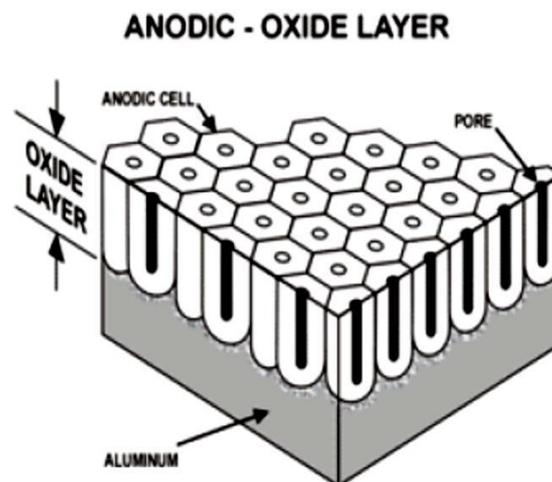
Gambar 2.4 Grafik interval waktu pencelupan *anodizing* terhadap ketebalan lapisan oksida (Santhiarsa, 2010)

2.2.8. Pembentukan Lapisan Oksida

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 anodisasi memiliki karakteristik yang keras dan memiliki kekerasan

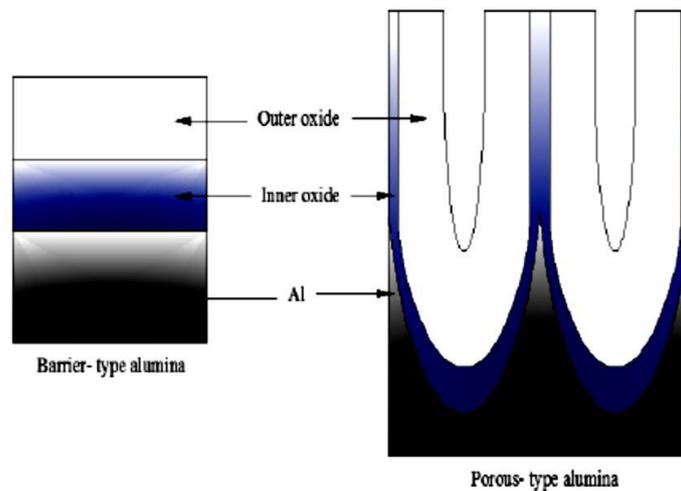
sebanding dengan batu *sapphire*, insulatif dan tahan terhadap beban, transparan, tidak ada serpihan.

Lapisan oksida yang terbentuk dari proses ini akan meningkatkan ketahanan *abrasive*, kemampuan insulator elektrik logam, serta kemampuan untuk menyerap zat pewarna untuk menghasilkan variasi tampilan warna pada permukaan hasil *anodizing*. Aluminium serta paduan-paduannya mempunyai sifat tahan terhadap korosi karena adanya lapisan oksida protektif. Tebal dari lapisan oksida sekitar 0,005-0,01 μm , atau $0,1-0,4 \times 10^{-6}$ inch atau $0,25^{-1} \times 10^{-2}$ mikron. Struktur lapisan aluminium oksida ditunjukkan pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Struktur lapisan aluminium oksida (Sipayung, P.P.S., 2008)

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 2.6.



Gambar 2.6 Skema lapisan pori aluminium oksida (Sipayung, P.P.S., 2008)

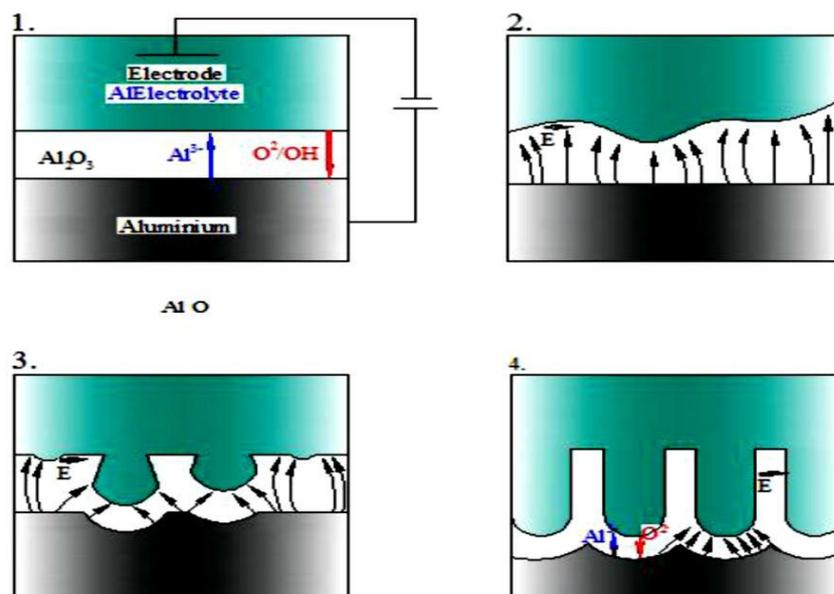
Lapisan dasar merupakan lapisan yang tipis dan padat, yang berfungsi sebagai lapisan antara lapisan pori dan logam dasar (*base metal*). Lapisan tersebut memiliki sifat yang melindungi dari korosi lebih lanjut dan tahan terhadap arus listrik. Struktur berpori yang timbul pada lapisan oksida merupakan hasil dari kesetimbangan antara reaksi pembentukan dari pelarutan lapisan oksida. Pada awalnya lapisan pori yang terbentuk selinder memanjang namun karena kemudian bersinggungan dengan oksida-oksida lainnya yang berada disisi-sisinya, maka lapisan oksida tersebut bertransformasi menjadi bentuk saluran heksagonal yang memanjang (Sipayung, P.P.S., 2008).

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:

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 muncul 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 2.7.



Gambar 2.7 Tahapan pembentukan lapisan oksida, (Sipayung, P.P.S., 2008)

Keterangan Gambar :

1. Pembentukan *barrier layer*
2. Awal pembentukan pori-pori
3. Pori mulai terbentuk dan berkembang
4. Pori yang terbentuk semakin stabil

2.2.9. Sifat Penerapan *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.
2. Meningkatkan adhesi cat.
3. Memperbaiki penampilan dekoratif.
4. Menghasilkan isolasi listrik/non konduktor.
5. Meningkatkan ketahanan abrasi.

Dengan *anodizing* lapisan pelindung dipertebal sehingga dapat digunakan di luar rumah misalnya untuk pemakaian di laut, mobil, keperluan arsitektur, jendela, gerbang toko, dan sebagainya. Aluminium yang di *anodizing* juga mempermudah dan memperkuat pengecatan, termasuk untuk penggunaan-penggunaan kritis dalam kedirgantaraan, misalnya baling-baling helikopter, torpedo dan sebagainya.

Untuk pengisolasi listrik, *anodizing* aluminium dapat menahan tegangan 40 volt tiap mikron serta tahan suhu tinggi tanpa hangus, maka baik untuk trafo

dan keperluan alat-alat listrik lainnya. Industri otomotif dan konstruksi merupakan pengguna terbesar teknologi *anodizing*, juga di Indonesia ini. (Priyanto, 2012).

2.2.10. Pengujian Kekerasan dan Ketebalan Lapisan Oksida

Sifat mekanik adalah salah satu sifat terpenting yang terdapat pada suatu bahan, karena sifat mekanik menyatakan kemampuan suatu bahan untuk menerima beban/gaya/energi. Sifat ini sangat penting diketahui agar perancangan suatu komponen dapat dilakukan dengan tepat dan aman. Untuk mengetahui kualitas suatu logam, pengujian sangat erat kaitannya dengan pemilihan bahan yang akan dipergunakan dalam konstruksi suatu alat, selain itu juga bisa untuk membuktikan suatu teori yang sudah ada ataupun penemuan baru dibidangnya. Dalam proses perencanaan, dapat juga ditentukan jenis bahan maupun dimensinya, sehingga apabila tidak sesuai dapat dicari penggantinya yang lebih tepat. Untuk mengetahui sifat mekanik bahan Aluminium hasil *anodizing* pada penelitian ini digunakan 2 metode pengujian, yaitu:

1. Pengujian Kekerasan Menggunakan Metode *Makro Vickers*

Kekerasan (*Hardness*) adalah salah satu sifat mekanik (*Mechanical properties*) dari suatu material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami gesekan (*frictional force*) dan dinilai dari ukuran sifat mekanis material yang diperoleh dari deformasi plastis (deformasi yang diberikan dan setelah dilepaskan, tidak kembali ke bentuk semula akibat indentasi oleh suatu benda sebagai alat uji. Pengujian yang paling banyak dipakai adalah dengan menekan penekan tertentu kepada benda uji dengan beban tertentu dan dengan mengukur ukuran bekas penekanan yang terbentuk di atasnya, cara ini dinamakan cara kekerasan dengan penekanan. Kekerasan juga didefinisikan

sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (penekanan). (Muqorrobin. M. dkk, 2016)

Pada pengujian kekerasan pada penelitian ini digunakan metode *makro vickers*, pengujian kekerasan makro *vickers* ini bertujuan untuk mengukur seberapa besar kekerasan permukaan aluminium setelah proses *anodizing* maupun proses *dieying*. Prosedur pembacaan hasil pada pengujian kekerasan mikro *vickers* adalah sebagai berikut: Piramida intan yang memiliki sudut bidang berhadapan (136 derajat), ditekan ke bagian permukaan yang akan diukur dengan pembebanan sebesar 30 kgf, kemudian diambil panjang diagonal-diagonalnya dan dari perbandingan antara beban dengan luas tapak penekanan. Maka akan didapat hasil kekerasan mikro *vickers* pada bagian permukaan aluminium setelah proses *anodizing* yang dilanjutkan proses *dieying* tersebut.

2. Pengujian Ketebalan Lapisan

Lapisan penghalang terutama dimaksudkan untuk memisahkan permukaan material dari lingkungan, mengendalikan lingkungan mikro pada permukaan material, maupun untuk tujuan keindahan atau penampilan (dekoratif). Banyak cara pelapisan yang digunakan untuk maksud tersebut antara lain cat, lak (*laquers*), vernis, dan lapisan baja. Sejauh ini yang lebih populer adalah penggunaan cat sebagai pelapis dan pelindung korosi. Tebal tipisnya pelapis material juga berpengaruh pada sifat material, oleh sebab itu diciptakan alat uji untuk mengukur ketebalan lapisan pada material.

Beberapa metode penggunaan pengukuran ketebalan dalam aplikasinya terdapat beberapa cara diantaranya yaitu, dengan alat uji portable tadi yang hanya meletakkan perangkatnya ke media uji maka data yang diinginkan dapat tampil, namun ada juga yang menggunakan dengan alat pendeteksi suara atau *ultrasonic*. Alat uji yang dipakai dalam praktikum ini adalah *Coating Thickness Gauge*.

Coating Thickness Gauge Adalah alat untuk mengukur ketebalan lapisan cat atau bahan lainnya, *Coating Thickness Gauge* merupakan alat yang sangat penting yang digunakan dalam aplikasi industri, terutama penggunaan untuk mengukur lapisan suatu material dengan menggunakan alat uji ini. Alat ini memeriksa lapisan lapisan pada besi dan non besi menggunakan dinamika fluida dan arus magnetik. F Probe berarti pada *ferrous* dan Probe N adalah untuk aplikasi *non ferrous*. Probe F bekerja pada prinsip-prinsip induksi magnetik dan umumnya digunakan untuk memeriksa lapisan seperti cat, enamel dan pelapisan non ferrous pada objek besi yang terisolasi. Probe N mengukur lapisan isolasi pada *non-ferrous* dengan metode dinamika fluida.

Kemudahan menggunakan alat uji ketebalan ini memberikan *durability* dan efektifitas karena beberapa tipe bersifat portable sehingga memberikan efisiensi waktu dan praktis dalam mengaplikasikannya. Hal ini menyangkut kemudahan penggunaan dan menampilkan pengukuran langsung. Selain mengukur ketebalan material beberapa alat uji ketebalan lain memiliki fungsi dan mampu mengukur hanya ketebalan lapisannya saja sehingga data yang tampil hanya informasi ketebalan lapisan. (Muqorrobin. M. dkk, 2016).