

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kajian Pustaka

Aluminium adalah logam yang ringan dan cukup penting dalam kehidupan manusia. Untuk meningkatkan kualitas aluminium, baik secara fisik maupun mekanisnya, dilakukan beberapa perlakuan terhadap aluminium tersebut. Salah satu proses yang dilakukan adalah dengan rekayasa permukaan melalui proses *anodizing*. Proses anodisasi adalah proses pembentukan lapisan oksida pada logam dengan cara bereaksikan atau mengkorosikan suatu logam terutama aluminium dengan oksigen (O₂) yang diambil dari larutan elektrolit yang digunakan sebagai media, sehingga terbentuk lapisan oksida.

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

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, N.N., 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 (H₂SO₄), 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*. Dari hasil penelitian didapat tebal lapisan oksida aluminium *anodizing* dengan waktu penahanan pencelupan 30 menit sebesar 60 μm , 40 menit sebesar 75 μm , 50 menit sebesar 105 μm . Semakin lama waktu penahanan pencelupan *anodizing* maka semakin tebal lapisan oksida yang dihasilkan. Nilai kekerasan untuk variasi waktu penahanan pencelupan *anodizing* 30 menit sebesar 53,633 VHN, 40 menit sebesar 52,133 VHN, 50 menit sebesar 52,766 VHN. Dengan bertambahnya waktu penahanan pencelupan menyebabkan kecenderungan naiknya nilai kekerasan.

Pada penelitian yang pernah dilakukan oleh Faris (2016), Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa waktu pencelupan pada proses anodizing berpengaruh terhadap ketebalan lapisan oksida, struktur makro, dan kekerasan permukaan aluminium 1XXX, dimana ketebalan tertinggi setelah melalui proses anodizing dan sealing yaitu sebesar 60 μm pada variasi waktu pencelupan anodizing 15 menit, namun demikian pada variasi waktu yang sama kekerasan permukaan berbanding terbalik dengan nilai ketebalan lapisan oksida. Kekerasan permukaan dari variasi waktu pencelupan anodizing selama 15 menit menurun yaitu sebesar 56,07 VHN dengan standar deviasi $\pm 2,53$. Sementara nilai kekerasan tertinggi didapat pada variasi waktu pencelupan anodizing 5 menit yaitu sebesar 68,16 VHN dengan standar deviasi $\pm 0,75$, setelah melalui proses sealing. Dari hasil uji makro setruktur permukaan berpori terlihat pada variasi waktu pencelupan anodizing selama 5 menit kemudian berangsur mengecil seiring dengan pertambahannya waktu proses anodizing.

Kemudian Priadi dan Pardi (2010) meneliti tentang pengaruh variasi waktu penahanan pencelupan terhadap ketebalan 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 oksidapada permukaan kuningan cor.

Dari beberapa penelitian diatas, maka dapat disimpulkan bahwapengaruh lama waktu pencelupan pada proses *anodizing* terhadap kekerasan pada permukaan aluminium murni cenderung meningkat seiring bertambahnya lama waktu proses pencelupan. Namun pengaruh lama waktu pencelupan pada aluminium seri 1XXX dengan arus sebesar 3 amper, pada nilai kekerasannya berbanding terbalik. Hal itu diduga karena perbedaan rapat arus dan komposisi paduan aluminiumnya tidak sama. Untuk mengetahui pengaruh *anodizing* terhadap aluminium seri 1XXX, Kemudian pengaruh variasi lama waktu pencelupan proses *anodizing* terhadap ketebalan lapisan oksida pada permukaan kuningan cor 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* dan di-*dieying*.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Definisi *Anodizing*

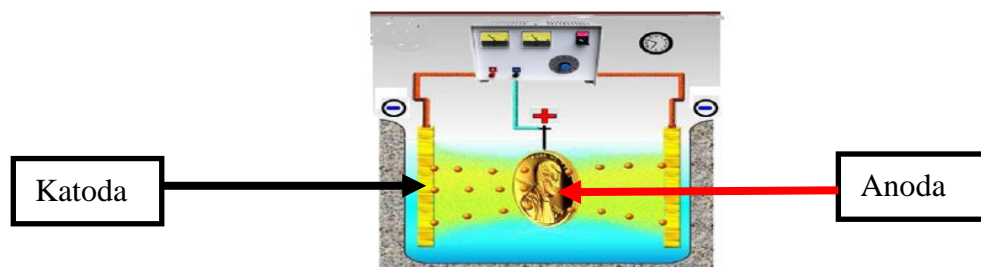
Anodizing atau *anodisasi* merupakan suatu proses pembentukan lapisan pada permukaan logam dengan cara mereaksikan atau mengkorosikan suatu logam (biasanya aluminium) dengan oksigen (O_2) yang diambil dari larutan elektrolit yang digunakan sebagai media sehingga terbentuk lapisan oksida. Proses anodizing memiliki prinsip yang hampir sama dengan pelapisan dengan cara listrik (electroplating), namun bedanya logam/material yang akan dioksidasi ditempatkan pada anoda (kutub positif) didalam larutan elektrolit. Perbedaan lainnya yaitu larutan elektrolit yang digunakan bersifat asam dengan penyearah arus bertipe DC dan berampere tinggi.

Pengertian lain dari *anodizing* adalah proses pelapisan secara elektrolisis yang merubah aluminium menjadi aluminium oksida (Al_2O_3) 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. Komponen-komponen *Anodizing*

2.2.2.1 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 di definisikan 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 elektro kimia dan katoda bagi sel elektro kimia lainnya. Skema elektroda proses *anodizing*, dapat ditunjukkan, pada Gambar 2.1.



Gambar.2.1 Proses *anodic oxidation*.
(Andriyanto, 2012)

2.2.2.2 Elektrolit

Komponen yang tidak kalah penting lainnya yaitu larutan elektrolit. Elektrolit adalah suatu senyawa yang bila dilarutkan dalam pelarutan menghasilkan larutan yang dapat menghantarkan arus listrik. Elektrolit sering diklasifikasikan berdasarkan kemampuannya dalam menghantarkan arus listrik. Elektrolit yang dapat menghantarkan dengan baik digolongkan ke dalam 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). Berdasarkan kandungan ion H⁺, elektrolit asam dapat dibagi tiga yaitu :

a. Asam *monoprotik*

Asam *monoprotik* adalah asam yang hanya memiliki satu ion H⁺ di dalam elektrolit. Contoh dari asam *monoprotik* adalah asam nitrat (HNO₃). Seperti yang ditunjukkan pada rumus (2.1) berikut :



b. Asam *diprotik*

Asam *diprotik* adalah asam yang memiliki dua ion H⁺ dari dalam elektrolit. Contoh dari asam *diprotik* adalah asam sulfat (H₂SO₄). Seperti yang ditunjukkan pada rumus (2.2) berikut :



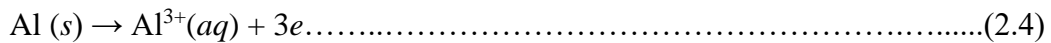
c. Asam *tripotik*

Asam *tripotik* adalah asam yang memiliki tiga ion H⁺ di dalam elektrolit. Contoh dari asam *tripotik* adalah asam fosfat (H₃PO₄). Seperti yang ditunjukkan pada rumus (2.3) berikut :



2.2.2.3 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 (2.4) 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 (2.5) berikut:

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

Dimana :

n : jumlah zat (mol)

i : arus listrik (ampere)

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

z : jumlah elektron yang ditransfer per ion

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

$$n \cdot AR = \frac{i \cdot t}{F \cdot z} \cdot AR \dots \dots \dots (2.6)$$

$$m = \frac{i \cdot t \cdot AR}{F \cdot z} \dots \dots \dots (2.7)$$

$$\frac{m}{t} = \frac{i \cdot AR}{F \cdot z} \dots \dots \dots (2.8)$$

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 (2.9) berikut :

$$\frac{m}{t} = \frac{i \cdot 26,98}{96485 \cdot 3} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$\frac{m}{t} = 9,32 \times 10^{-5} \cdot i \dots\dots\dots(3.0)$$

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

2.2.3 Aluminium

Dalam penggunaan logam dibidang industri, aluminium merupakan logam yang paling banyak digunakan setelah baja. Hal ini berarti dalam klasifikasi logam *non ferrous*, aluminium merupakan logam yang paling sering digunakan dalam industri. Aluminium logam yang sangat ringan, dengan berat jenis kurang lebih sepertiga berat jenis baja atau paduan tembaga, yaitu 2.70 gr/cm.

Berbagai sifat aluminium antara lain :

- a. Memiliki ketahanan yang baik terhadap larutan kimia, cuaca/udara, dan berbagai gas, sehingga membantu ketahanan terhadap korosi.
- b. Memiliki sifat reflektivitas yang sangat baik.
- c. Konduktivitas panas dan listrik tinggi.

- d. Memiliki sifat elastisitas yang tinggi, sehingga material ini sering digunakan dalam aplikasi yang melibatkan kondisi pembebanan kejut.
- e. Biaya fabrikasi rendah.
- f. Mudah ditempa dan dibentuk.

Aluminium sangat reaktif terhadap oksigen, dengan membentuk lapisan oksida dipermukaannya. Hal ini terjadi secara alami karena pengaruh reaksi energi bebas yang cukup tinggi untuk mengoksidasi permukaan aluminium. Lapisan oksida yang terbentuk memiliki sifat yang lebih keras dari logam induk, dengan ketebalan antara $1-30 \times 10^{-6}$ Inchi sampai dengan 3 mikron. Selain dapat terbentuk secara alami, lapisan oksida pada permukaan aluminium ini dapat juga dibentuk dengan proses elektrokimia yaitu proses *anodizing*. Lapisan oksida yang dihasilkan melalui proses ini memiliki ketebalan yang jauh lebih tinggi, lapisan oksida yang terbentuk dengan proses *anodizing* akan memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi.

Salah satu produk aluminium yang banyak diproduksi dan digunakan dalam proses *anodizing* belakangan ini adalah aluminium foil. Aluminium foil biasanya adalah hampir murni aluminium, yaitu sekitar 92%-99.99% Al. Produk aluminium foil dibuat dengan proses pengecoran yang dilanjutkan dengan *rolling* maupun melalui proses *continuous casting*. Bila pada awalnya proses *anodizing* lebih banyak diarahkan pada peningkatan nilai estetika dan nilai kekerasan dari material, maka pada perkembangannya saat ini proses *anodizing* telah dikembangkan untuk aplikasi pada bidang nanoteknologi. Penggunaan logam aluminium, terutama *aluminium foil* yang memiliki komposisi hampir 100% Al, diupayakan untuk dapat menjadi *template* material untuk diaplikasikan pada bidang nano teknologi, dan pada akhirnya dapat dimanfaatkan pada industri pesawat terbang, semikonduktor, dan mikro elektronik (Hutasoit, R.M 2008).

2.2.4 Aluminium Murni (Seri 1XXX)

Alumunium didapat dalam keadaan cair melalui proses elektrolisa, yang umumnya mencapai kemurnian 99,85% berat. Namun, bila dilakukan proses elektrolisa lebih lanjut, maka akan didapatkan alumunium dengan kemurnian 99,99% yaitu dicapai bahan dengan angka sembilannya empat. Ketahanan korosi berubah menurut kemurnian, pada umumnya untuk kemurnian 99,0% atau di atasnya dapat dipergunakan di udara tahan dalam waktu bertahun-tahun. Hantaran listrik Al, kira-kira 65% dari hantaran listrik tembaga, tetapi massa jenisnya kurang lebih sepertiga dari tembaga sehingga memungkinkan untuk memperluas penampangnya. Oleh karena itu, dapat dipergunakan untuk kabel dan dalam berbagai bentuk. Misalnya sebagai lembaran tipis (*foil*). Dalam hal ini dapat dipergunakan Al dengan kemurnian 99,0%. (Rasyid Dkk. 2009)

Tabel 2.1 Komposisi Aliminium seri 1XXX

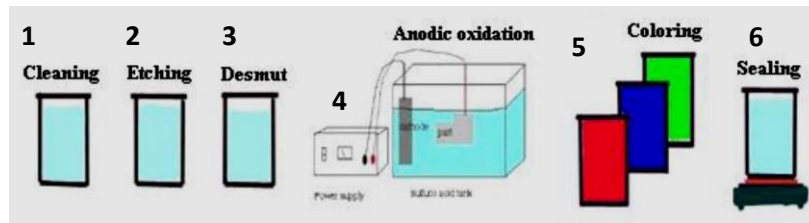
No	Jenis	Si, %	Fe, %	Cu, %	Mn, %	Mg, %	Zn, %	Ti, %	Lainnya, %	Al, % min
1	1050	0,25	0,4	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03	99,5
2	1060	0,25	0,35	0,05	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03	99,6
3	1100	0.95 Si + Fe		0.05 -0.2	0,05	-	0,1	-	0,15	99
4	1145	0.55 Si + Fe		0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03	99,45
5	1200	1.00 Si + Fe		0,05	0,05	-	0,1	0,05	0,15	99
6	1230	0.70 Si + Fe		0,1	0,05	0,05	0,1	0,03	0,03	99,3
7	1350	0,1	0,4	0,05	0,01	-	0,05	-	0,11	99,5

(Rasyid, et. al., 2009)

2.2.5 Proses Anodizing

Anodizing merupakan proses elektrolisasi 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 anodisasi berhasil dilakukan dengan tepat. Secara umum, anodisasi 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 Tahapan proses *anodizing* (Taufik, 2011)

Keterangan gambar 2.2

1. *Cleaning*

Proses *cleaning* adalah proses pembersihan benda kerja aluminium dengan menggunakan larutan detergen murni/natrium karbonat (Na_2CO_3) dengan konsentrasi larutan yang digunakan 5 gr/liter dan air RO (*Reverse Osmosis*), untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang menempel pada aluminium sebelum dilakukan proses *etching*.

2. *Etching*

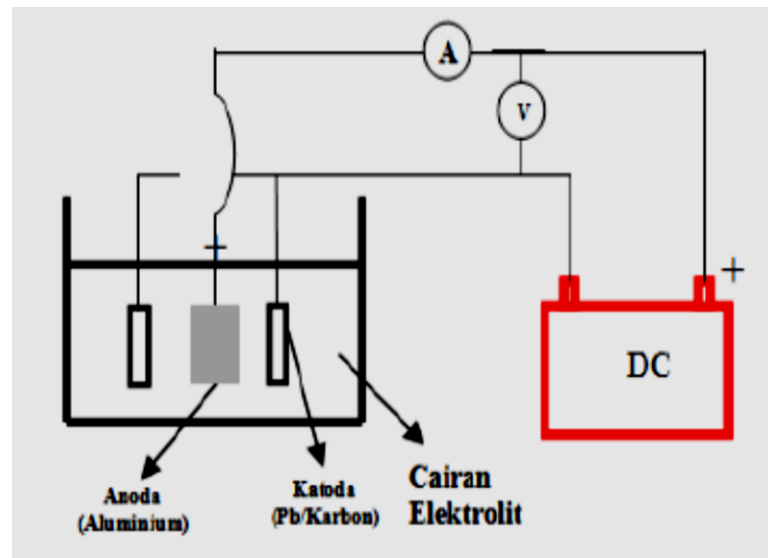
Etching (etsa) adalah proses menghilangkan lapisan oksida pada permukaan aluminium yang tidak dapat dihilangkan dengan proses sebelumnya baik itu proses *cleaning* atau *rinsing*. Selain itu, proses ini untuk memperoleh permukaan benda kerja yang lebih rata dan halus dengan menggunakan bahan soda api (NaOH) konsentrasi 100 gr/liter 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 fosfat (H_3PO_4) 75% ditambah asam sulfat (H_2SO_4) 15% dan asam nitrat (HNO_3) 10%.

4. *Anodic oxidation*

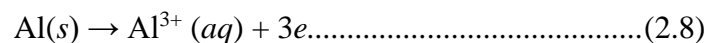
Proses *anodic oxidation* adalah proses pelapisan secara elektrokimia yang merubah aluminium menjadi aluminium oksida dengan proses elektrolisis, larutan yang digunakan asam sulfat (H_2SO_4) dengan konsentrasi 400 ml/lite dan air RO (*Reverse Osmosis*). Logam atau benda kerja dipasang pada anoda (+) 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)

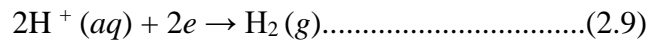
Logam aluminium atau benda kerja pada larutan *elektrolit anodic oxidation* sebagai anoda sehingga logam inilah yang akan teroksidasi.

Persamaan reaksi yang terjadi pada anoda sebagai berikut :



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 seperti ditunjukkan pada persamaan 2.9



5. *Dieying*

Proses *Dieying* atau 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* dengan konsentrasi larutan 5 gr/liter 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*).

Proses *anodizing* memiliki beberapa tujuan, antara lain :

1. Meningkatkan ketahanan korosi.

Dari proses *anodizing*, lapisan oksida yang terbentuk pada permukaan logam tahan terhadap korosi dan mampu menahan serangan atmosfer serta air garam. Lapisan oksida melindungi logam yang ada dibawahnya dengan bertindak sebagai penghalang (*barrier*) dari serangan lingkungan yang korosif.

2. Meningkatkan sifat *adhesif*.

Lapisan ini hasil proses anodisasi yang menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) dan kromat dapat meningkatkan kekuatan ikatan dan ketangguhan, biasanya digunakan pada industri pesawat terbang.

3. Meningkatkan ketahanan aus (*wear resistant*).

Proses *hard anodizing* dapat menghasilkan lapisan setebal 25-100 mikron. Lapisan tersebut, dengan kekerasan inheren aluminium oksida yang sedemikian cukup tebal dapat digunakan untuk aplikasi dibawah kondisi

ketahanan abrasi. Dimana lapisan oksida (Al_2O_3) ini memiliki nilai kekerasannya yang cukup tinggi (sebanding dengan *sapphire*) atau paling keras setelahintan.

4. Isolator listrik.

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

5. Dapat menempel pada *plating* selanjutnya.

Pori dari lapisan anodik oksida mendukung proses *elektro plating*, biasanya asam yang digunakan apa bila ingin melakukan pelapisan lanjutan adalah asam fosfor.

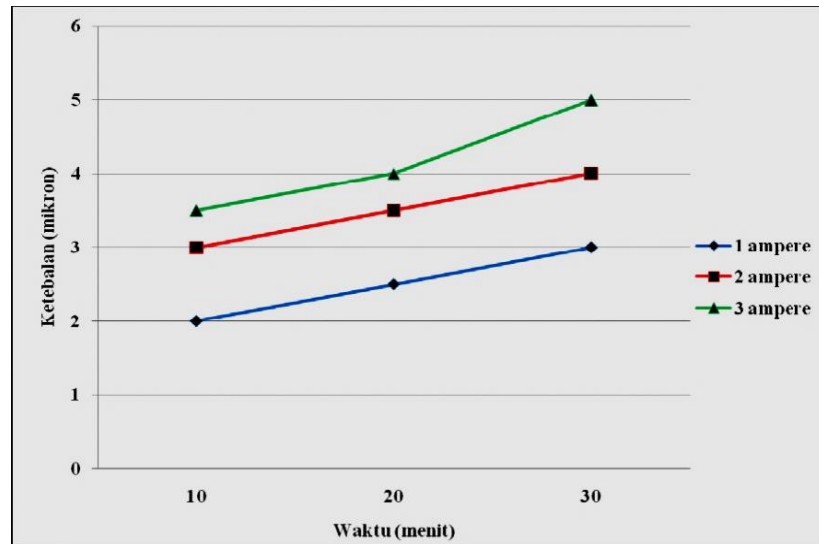
6. Aplikasi dekorasi.

Pada permukaan logam, lapisan oksida yang terbentuk memiliki tampilan yang mengkilau, dimana pada aluminuim tampilan oksida yang alami sangat diinginkan. Selain itu, lapisan oksida yang dihasilkan dapat diberi warna dengan metode yang berbeda. Pewarnaan anorganik akan diserap pada lapisan pori-pori untuk menghasilkan warna tertentu dan pigmen mineral yang mengendapdi dalam pori akan menghasilkan warna yang stabil.

2.2.6. 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 interfal 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.



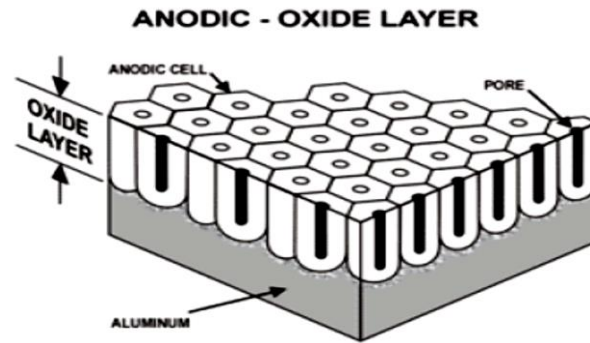
Gambar 2.4 Grafik interval waktu pencelupan *anodizing* terhadap ketebalan lapisan oksida.
(Santhiarsa, 2010)

2.2.7 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.

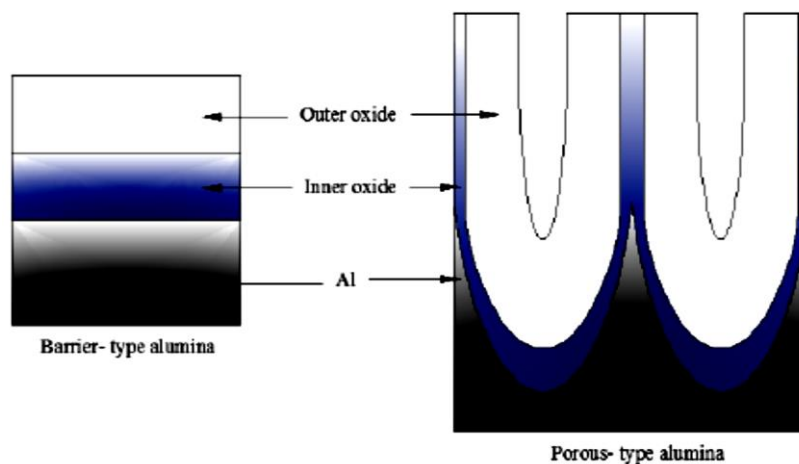
Lapisan oksida yang terbentuk dari proses ini akan meningkatkan ketahanan *abrasive*, kemampuan insulator elektrik logam, serta kemampuan untuk menyerap zat pewarna untuk menghasilkan variasi tampilan warna pada permukaan hasil *anodizing*. Aluminium serta paduan-paduannya mempunyai sifat tahan terhadap korosi karena adanya lapisan oksida protektif. Tebal dari lapisan

oksida sekitar $0,005-0,01 \mu\text{m}$, 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 (Hutasoit, F.M.,2008)

Terbentuknya lapisan oksida pada permukaan logam yang di anodisasi bergantung pada jenis elektrolit yang digunakan, lapisan dasar oksida (*barriertype 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.

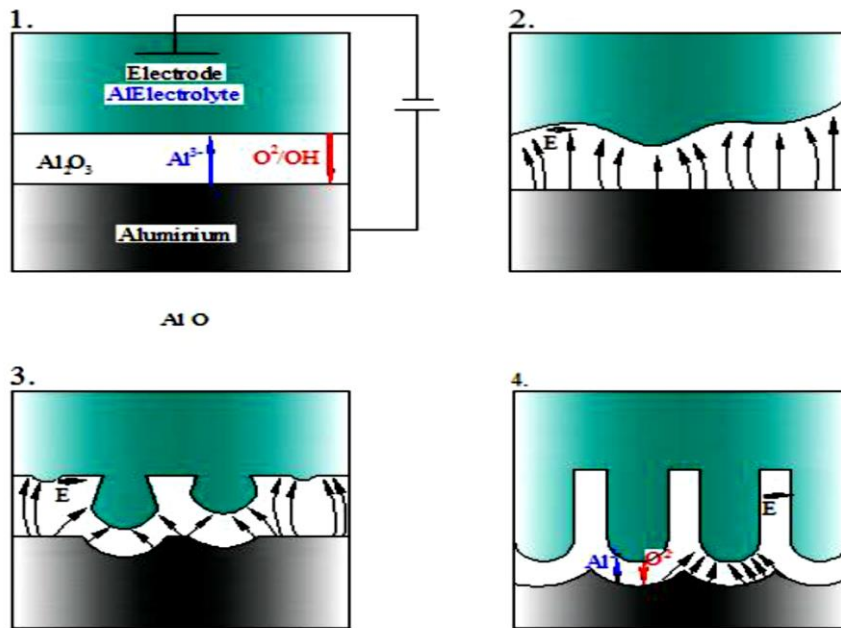


Gambar 2.6 Skema lapisan pori aluminium oksida (Sipayung, P.P.S., 2008)

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,

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

(Sipayung, P.P.S., 2008)