

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kajian Pustaka

Aluminium merupakan salah satu material logam yang banyak digunakan serta dikembangkan pada berbagai macam aplikasi. 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*. *Anodizing* adalah sebuah proses elektrokimia yang bertujuan untuk mempertebal lapisan protektif alami pada logam. 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, karena selain murah dan mudah untuk didapatkan, dan hasil pelapisannya mempunyai sifat estetika dan fungsional yang luas (Santhiarsa, N.N., 2010).

Penelitian yang pernah dilakukan oleh Prasty, Y.A., (2016) membahas tentang *Pengaruh Variasi Arus Listrik Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Hasil Proses Anodizing Pada Aluminium Seri 1XXX*. Penelitian ini menggunakan aluminium seri 1XXX, dengan dimensi panjang 50 mm, lebar 30 mm, tebal 2,8 mm. Variasi arus yang digunakan 1 Ampere, 2 Ampere, 3 Ampere, dengan tegangan tetap 18 volt, waktu *cleaning* 1 menit, *etching* 1 menit, *desmut* 2 menit, *anodizing* 10 menit, *dyeing* 10 detik, *sealing* 10 detik, dengan menggunakan pewarna sebanyak (20 gr/liter) air RO (*Reverse Osmosis*). Hasil penelitian setelah proses *anodizing* dengan variasi kuat arus 1 Ampere, 2 Ampere, 3 Ampere, menghasilkan ketebalan lapisan oksida rata-rata sebesar 20 μm , 80 μm , 5 μm , secara berurutan. Sedangkan untuk kekerasan rata-rata dengan variasi kuat arus yang sama sebesar 44.36 VHN, 44.16 VHN, 45.3 VHN, secara berurutan. Hasil setelah proses *dyeing* dengan variasi kuat arus yang sama menghasilkan ketebalan lapisan oksida rata-rata sebesar 40 μm , 120 μm , 10 μm , secara berurutan. Sedangkan untuk kekerasan setelah *dyeing* rata-rata sebesar 44.43 VHN, 52.1 VHN, 48.73 VHN, secara berurutan.

Santhiarsa, N.N., (2009) membahas tentang *Pengaruh Variasi Kuat Arus Proses Hard Anodizing Pada Aluminium Terhadap Kekerasan dan Ketebalan Lapisan*. Penelitian ini menggunakan aluminium 2024-T3 dengan variasi arus listrik 1 Ampere, 2 Ampere, dan 3 Ampere. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan variasi kuat arus 1 Ampere, 2 Ampere, 3 Ampere, menghasilkan kekerasan rata-rata sebesar 87.35 VHN, 100.54 VHN, 112.23 VHN, secara berurutan. Sedangkan untuk ketebalan lapisan rata-rata untuk variasi kuat arus yang sama sebesar 2.47 μm , 3.5 μm , 4.16 μm , secara berurutan.

Priyanto, A., (2012) juga membahas tentang *Pengaruh Variasi Arus Listrik Terhadap Kekerasan Permukaan Logam Aluminium 5XXX Pada Proses Anodizing*. Penelitian tersebut yaitu menggunakan jenis logam aluminium 5XXX, dengan dimensi panjang 100 mm, lebar 30 mm dan tebal 4 mm. Variasi arus yang digunakan adalah 1 Ampere, 2 Ampere, 3 Ampere, dengan waktu pencelupan selama 30 menit. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian kekerasan (*Vickers*) dan pengujian foto mikro. Hasil penelitian menunjukkan pada variasi kuat arus 1

Ampere, 2 Ampere, 3 Ampere menghasilkan kekerasan rata-rata permukaan sebesar 66.1 VHN, 64.8 VHN, 64 VHN, secara berurutan. Sedangkan untuk ketebalan lapisan oksida dengan variasi kuat arus yang sama sebesar 40 μm , 60 μm , 70 μm , secara berurutan.

Dari beberapa penelitian diatas, maka dapat disimpulkan bahwa kuat arus listrik sangat berpengaruh pada proses *anodizing*. Pengaruh kuat arus listrik terhadap kekerasan rata-rata permukaan dan ketebalan lapisan oksida aluminium menunjukkan hasil yang berbeda-beda. Selain faktor diatas pengaruh waktu *anodizing*, tegangan, konsentrasi elektrolit, dan jenis material yang digunakan juga dapat mempengaruhi karakteristik permukaan material yang di-*anodizing* dan di-*dieying*.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Pengertian *Anodizing*

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 (+).

Karakteristik dalam lapisan *anodizing* menghasilkan suatu lapisan tipis oksida yang baik terhadap logam dasarnya. Lapisan tersebut memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

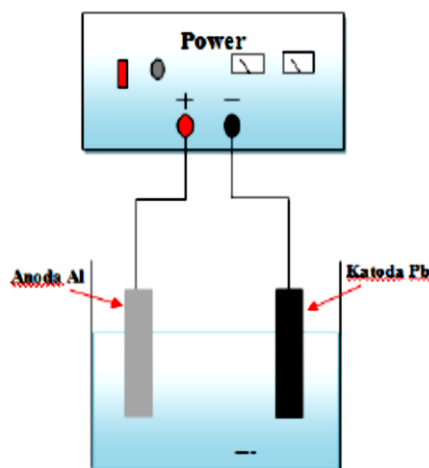
1. Transparan, dengan beberapa variasi warna.
2. Terintegrasi dengan baik pada logam dasarnya, dan tidak dapat mengelupas.

3. Sifat-sifat diatas merupakan keunggulan dari lapisan oksida pada proses *anodizing*.

2.2.2. Klasifikasi *Anodizing*

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* (Sidharta, B.W., 2014)

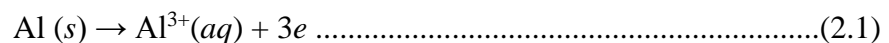
2. Elektrolit

Elektrolit adalah suatu senyawa yang dapat menghantarkan arus listrik apabila dilarutkan kedalam larutan pelarut air *revers osmosis* (RO).

Elektrolit diklasifikasikan berdasarkan kandungan ion H^+ . Elektrolit yang dapat menghantarkan arus listrik dengan baik digolongkan kedalam elektrolit kuat, salah satunya adalah asam klorida (HCL), asam sulfat (H_2SO_4), dan asam nitrat, (HNO_3). Selain elektrolit kuat ada pula golongan elektrolit lemah seperti asam cuka encer (CH_3COOH), aluminium hidroksida, kalium karbonat (C_aCO_3).

3. Elektrolisis aluminium

Elektrolisa benda kerja yang berupa aluminium pada proses *anodizing* berlaku sebagai anoda dengan dihubungkan pada kutub positif satu 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 jumlah arus tertentu yang mengalir melalui beberapa elektrolisis. Maka akan dihasilkan jumlah ekuivalen masing-masing zat. Hukum Faraday ini dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan (2.2) berikut:

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

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 persamaan dapat di kembangkan seperti ditunjukkan pada persamaan (2.3), (2.4) dan (2.5) berikut :

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

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

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

Sedangkan persamaan untuk aluminium, dijelaskan pada persamaan (2.6) dan (2.7) berikut :

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

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

Dimana m : massa (g/dm^2)
 t : waktu (menit)
 i : kuat arus (Ampere)

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 :

- Memiliki ketahanan yang baik terhadap larutan kimia, cuaca/udara, dan berbagai gas, sehingga membantu ketahanan terhadap korosi.
- Memiliki sifat reflektivitas yang sangat baik.
- 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 $1-30 \times 10^{-6}$ inci 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)

Aluminium murni didapat dalam keadaan cair melalui proses elektrolisa, yang umumnya mencapai kemurnian 99,85% berat. Namun, bila dilakukan proses elektrolisa lebih lanjut, maka akan didapatkan aluminium dengan kemurnian 99,99%.

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%. Untuk reflector yang memerlukan reflektifitas yang tinggi juga untuk kodensor elektrolitik dipergunakan Al 99,99%. (Rasyid Dkk. 2009)

Tabel 2.1. Komposisi aluminium seri 1XXX.

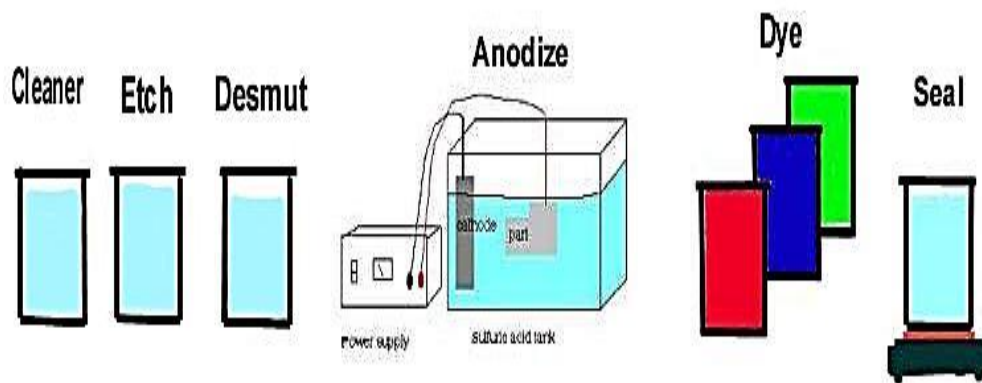
Desig nation	Si, %	Fe, %	Cu, %	Mn, %	Mg, %	Zn, %	Ti, %	Others, %	Al, % min
1050	0,25	0,4	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03	99,5
1060	0,25	0,35	0,05	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03	99,6
1100	0.95 Si + Fe		0.05- 0.2	0,05	-	0,1	-	0,15	99
1145	0.55 Si + Fe		0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03	99,45
1200	1.00 Si + Fe		0,05	0,05	-	0,1	0,05	0,15	99
1230	0.70 Si + Fe		0,1	0,05	0,05	0,1	0,03	0,03	99,3
1350	0,1	0,4	0,05	0,01	-	0,05	-	0,11	99,5

Sumber: Rasyid Dkk. (2009).

2.2.5 Proses Anodizing

Anodizing atau oksida anodik merupakan proses elektrolisis yang dilakukan untuk menghasilkan lapisan oksida yang lebih tebal dari pada 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 Proses *Anodizing*
(Taufiq, T., 2011)

Keterangan gambar 2.2

1. *Cleaning*

Proses *cleaning* adalah proses pembersihan benda kerja aluminium dengan menggunakan larutan detergen murni untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang menempel pada aluminium sebelum dilakukan proses *etching*. Detergen murni natrium karbonat (Na_2CO_3) dengan konsentrasi larutan yang digunakan 50 gr/liter.

2. *Rinsing cleaning*

Proses *rinsing cleaning* adalah proses pembersihan benda kerja aluminium setelah proses *cleaning* dengan menggunakan air *revers osmosis* (RO) dari bahan kimia yang menempel pada permukaan aluminium sebelum dilakukan proses *etching*, sehingga tidak mengganggu proses berikutnya.

3. *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.

4. *Rinsing Etching*

Proses *rinsing Etching* adalah proses pembersihan benda kerja aluminium setelah proses *Etching* dengan menggunakan air *revers osmosis* (RO) dari bahan kimia yang menempel pada permukaan aluminium sebelum di lakukan proses *desmut*, sehingga tidak mengganggu proses berikutnya.

5. *Desmut*

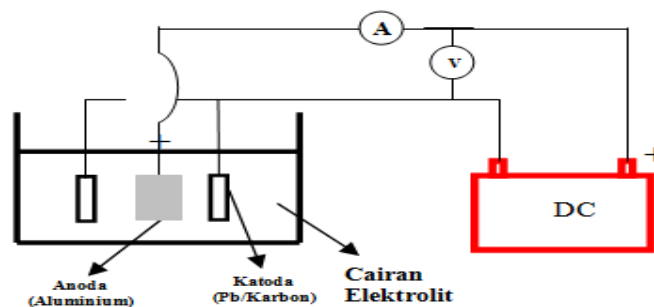
Proses *desmut* adalah suatu proses yang berfungsi sebagai pembersihan bercak-bercak hitam yang diakibatkan oleh proses *etching*. Larutan yang dipakai adalah Campuran dari asam phospat (H_3PO_4) 75% ditambah asam sulfat (H_2SO_4) 15% dan Asam Asetat ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$) 10%.

6. *Rinsing Desmut*

Proses *rinsing Desmut* adalah proses pembersihan benda kerja aluminium setelah proses *Desmut* dengan menggunakan air *revers osmosis* (RO) dari bahan kimia yang menempel pada permukaan aluminium sebelum di lakukan proses *anodizing*, sehingga tidak mengganggu proses berikutnya.

7. *Anodizing*

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/liter. 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 dibawah ini.

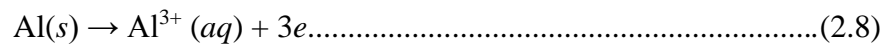


Gambar 2.3 Rangkaian proses *anodic oxidation*

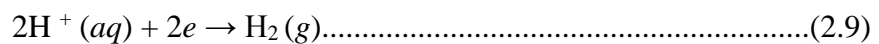
(Priyanto, 2012)

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 (2.8) :



Atom-atom yang terdapat pada aluminium akan teroksidasi menjadi ion-ion yang larut dalam larutan asam sulfat (H_2SO_4). Hal ini membuat permukaan logam aluminium menjadi berlubang membentuk pori-pori. Sedangkan reaksi yang terjadi pada katoda seperti ditunjukkan pada persamaan (2.9) berikut :



8. *Rinsing anodizing*

Proses *rinsing anodizing* adalah proses pembersihan benda kerja aluminium setelah proses *anodizing* dengan menggunakan air *revers osmosis* (RO) dari bahan kimia yang menempel pada permukaan aluminium sebelum di lakukan proses *coloring*, sehingga tidak mengganggu proses berikutnya.

9. *Coloring/dyeing*

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 di gunakan adalah pewarna khusus *anodizing* dengan konsentrasi larutan 15 gr/liter.

10. *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 ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$) dengan konsentrasi 20 ml/liter. Setelah dilakukan proses *sealing*, maka struktur permukaan lapisan akan menjadi lebih halus dan rata.

11. *Rinsing sealing*

Proses *rinsing sealing* adalah proses pembersihan benda kerja aluminium setelah proses *sealing* dengan menggunakan air *revers osmosis* RO dari bahan kimia yang menempel pada permukaan aluminium, sehingga tidak ada sisa bahan kimia yang menempel pada permukaan aluminium.

Proses *anodizing* memiliki beberapa tujuan, antara lain :

1. Meningkatkan ketahanan korosi

Dari proses anodisasi, 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 hasil proses anodisasi yang menggunakan asam fosfor 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 kekerasan yang cukup tinggi (sebanding dengan *sapphire*) atau paling keras setelah intan.

4. Isolator listrik

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

5. Dapat menempel pada proses plating selanjutnya

Pori dari lapisan anodik oksida mendukung proses *elektroplating*, asam yang digunkan apabila ingin melakukan pelapisan lanjutan adalah asam *phosfor*.

6. Aplikasi dekorasi.

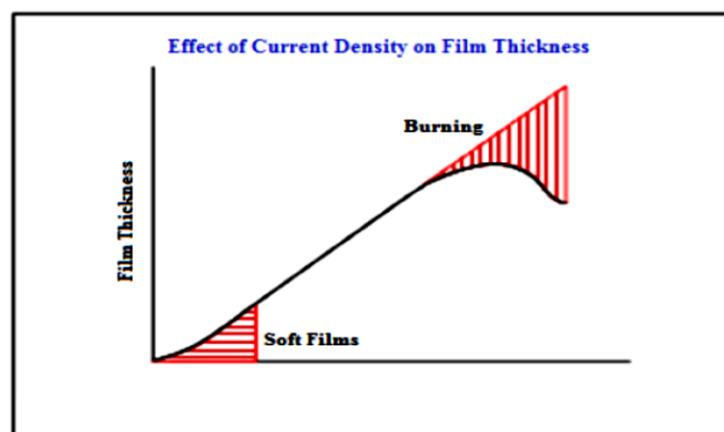
Pada permukaan logam, lapisan oksida yang terbentuk memiliki tampilan yang mengkilat, dimana pada aluminium tampilan oksida yang alami sangat

diinginkan. Selain itu, lapisan oksida yang dihasilkan dapat diberi warna dengan metode yang berbeda. Pewarnaan organik akan diserap pada lapisan pori untuk menghasilkan warna tertentu dan pigmen mineral yang mengendap di dalam pori akan menghasilkan warna yang stabil.

2.2.6. Rapat Arus

Rapat arus (*current density*) adalah aliran muatan pada suatu luas penampang tertentu di suatu titik penghantar, rapat arus memiliki satuan A/m^2 . Besarnya rapat arus dapat mempengaruhi hasil *anodizing*. Rapat arus memiliki pengaruh terhadap tampilan dari lapisan oksida yang dihasilkan. Rapat arus yang lebih rendah akan menghasilkan lapisan oksida yang lebih terang dibandingkan dengan yang menggunakan rapat arus yang lebih tinggi untuk ketebalan lapisan oksida yang sama.

Adapun penggunaan rapat arus yang lebih tinggi diaplikasikan untuk mengimbangi proses *anodizing* yang menggunakan elektrolit pekat. Pada rapat arus yang sangat tinggi, cenderung akan terjadi *burning* (gosong), hal ini merupakan pengembangan dari aliran rapat arus yang berlebihan pada area tertentu sehingga terjadi pemanasan lokal pada area tersebut. Grafik rapat arus terhadap ketebalan lapisan oksida dapat ditunjukkan pada Gambar 2.4.

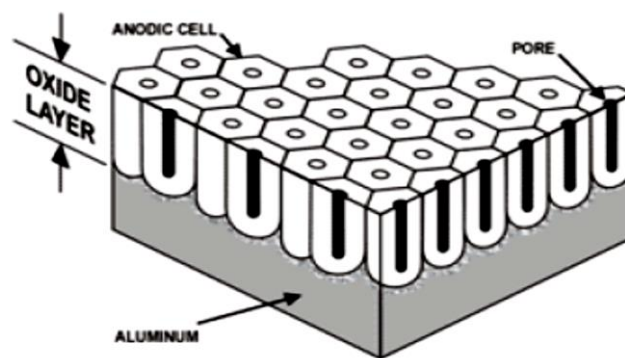


Gambar 2.4 Grafik rapat arus terhadap ketebalan lapisan oksida (Hutasoit, F.M., 2008)

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.

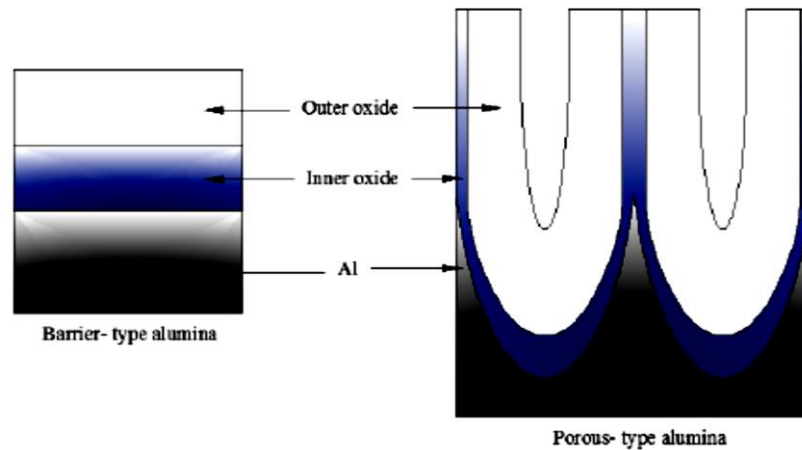
Lapisan oksida yang terbentuk dari proses ini akan meningkatkan ketahanan *abrasive*, kemampuan insulator elektrik logam, serta kemampuan untuk menyerap zat pewarna untuk menghasilkan variasi tampilan warna pada permukaan hasil *anodizing*. Aluminium serta paduan-paduannya mempunyai sifat tahan terhadap korosi karena adanya lapisan oksida protektif. Tebal dari lapisan oksida sekitar 0,005-0,01 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
(Hutasoit, F.M., 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)

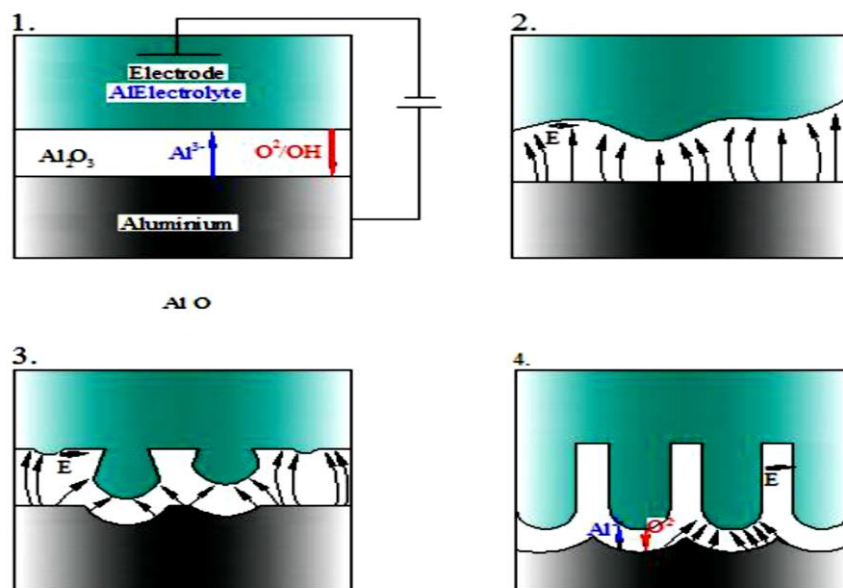
Lapisan dasar merupakan lapisan yang tipis dan padat, yang berfungsi sebagai lapisan antara lapisan pori dan logam dasar (*base metal*). Lapisan tersebut memiliki sifat yang melindungi dari korosi lebih lanjut dan tahan terhadap arus listrik. Struktur berpori yang timbul pada lapisan oksida merupakan 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,

1. Pembentukan *barrier layer*
 2. Awal pembentukan pori-pori
 3. Pori mulai terbentuk dan berkembang
 4. Pori yang terbentuk semakin stabil
- (Sipayung, P.P.S., 2008)

2.2.8. 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.
4. Memperbaiki penampilan dekoratif.
5. Menghasilkan isolasi listrik/non konduktor.
6. 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.

Aluminium di-*anodizing* dalam elektrolit sulfat menghasilkan lapisan konduktif yang memperkuat rekatan *plating* berikutnya. Bila pemilihan *alloy*, sistem serta prosedur *anodizing*nya tepat, produk aluminium dapat beraneka penampilan permukaan, cerah atau buram, berarah atau tidak teksturnya, kombinasi warnanya. Perhiasan alat olahraga, komponen bangunan, keperluan dapur dan rumah tangga sampai papan nama dapat memanfaatkannya.

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).