

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kajian Pustaka

Aluminium merupakan salah satu material logam yang banyak dimanfaatkan dan dikembangkan pada berbagai macam aplikasi khususnya dalam dunia perindustrian. 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 proses yang digunakan yaitu dengan menggunakan metode *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 Sulistijono (2006), yang meneliti tentang pengaruh densitas arus dan konsentrasi asam sulfat terhadap ketebalan dan kualitas pewarnaan lapisan oksida pada *anodizing* aluminium 6063 dengan variasi konsentrasi asam sulfat pada proses *anodiz* sebesar 5%, 10%, 15%, dan 20% serta variasi arus 12-24 dengan range 4 A/ft². Dari hasil penelitian didapat tebal lapisan oksida aluminium *anodizing* dengan konsentrasi asam sulfat pada larutan anodis pada konsentrasi 5% densitas arus yang paling optimum adalah 20 A/ft² yaitu sebesar 21.6 µm, pada konsentrasi 10% densitas arus yang paling optimum adalah 16 A/ft² yaitu sebesar 22.6 µm, pada konsentrasi 15% densitas arus yang paling optimum adalah 16 A/ft² yaitu sebesar 13.8 µm, pada konsentrasi 20% densitas arus yang paling optimum adalah 20 A/ft² yaitu sebesar 15.4 µm.

Semakin besar konsentrasi *anodizing* maka pembentukan lapisan oksida pada aluminium semakin berkurang, hal ini disebabkan karena meningkatnya konsentrasi larutan elektrolit sehingga akan meningkatkan konduktifitas atau daya hantar larutan dan menurunkan tegangan yang dibutuhkan sehingga lapisan oksida yang terlarut juga akan semakin besar sehingga lapisan oksida yang sudah terbentuk akan luluh kembali kedalam larutan elektrolit. Sedangkan pada konsentrasi 5% elektrolit yang ada masih belum cukup banyak untuk mengalirkan elektron pada katoda, menyebabkan penurunan efisiensi arus pada katoda sehingga ketebalan lapisan oksida lebih kecil dibandingkan penggunaan konsentrasi 10%.

Pada penelitian *anodizing* paduan aluminium dengan konsentrasi elektrolit 15, 20 dan 25% Vol. asam sulfat H₂SO₄ dengan penambahan 6% wt. asam oksalat pada setiap konsentrasi asam sulfat yang dilakukan Sidharta. (2014), didapatkan hasil *anodizing* yang terbaik pada larutan elektrolit dengan 15% vol. H₂SO₄ + 6% wt. H₂C₂O₄ dengan waktu proses selama 7 menit yang menghasilkan perubahan kekerasan material dari 115 VHN menjadi 190 VHN serta ketebalan lapisan oksida tertinggi 83,81 µm.

Sidharta, dkk. (2012), Meneliti tentang pengaruh konsentrasi elektrolit dan waktu anodasi terhadap ketahanan aus dan kekerasan pada lapisan oksida paduan

aluminium ADC12, dengan menggunakan tegangan listrik sebesar 24 volt, konsentrasi asam oksalat 6% vol, waktu pencelupan 3, 5, dan 7 menit, sedangkan konsentrasi asam sulfat 15%, 20%, dan 25% terhadap paduan aluminium ADC12 dengan ukuran 20 x 20 x 4 mm. Dari hasil penelitian yang dilakukan didapatkan kekerasan rata-rata pada konsentrasi elektrolit 15% pada waktu 3, 5, dan 7 berturut turut adalah 117, 119 dan 189 (VHN) sedangkan pada konsentrasi elektrolit 20% pada waktu 3, 5, dan 7 berturut turut adalah 168, 106 dan 153 (VHN) dan pada konsentrasi elektrolit 25% pada waktu 3, 5, dan 7 berturut turut adalah 168, 179 dan 166 (VHN). Dengan semakin bertambahnya tingginya konsentrasi asam sulfat pada larutan elektrolit ternyata tidak menghasilkan peningkatan kekerasan yang signifikan, konsentrasi yang menghasilkan nilai kekerasan dan ketahanan aus yang paling tinggi adalah pada 15% H₂SO₄ + 6% H₂C₂O₄.

Dari beberapa penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa pengaruh konsentrasi asam sulfat pada proses *anodizing* terhadap ketebalan lapisan oksida dan kekerasan pada permukaan aluminium murni memiliki suatu besaran yang optimum, dimana penggunaan konsentrasi yang terlalu besar justru akan meluluhkan lapisan oksida yang telah terbentuk sedangkan pada konsentrasi yang terlalu rendah larutan elektrolit tidak cukup untuk menghantarkan elektron sehingga lapisan oksida yang terbentuk tidak terlalu tebal. Selain beberapa faktor diatas pengaruh rapat arus, tegangan, konsentrasi elektrolit, dan jenis material yang digunakan juga mempengaruhi karakteristik permukaan material yang *dianodizing* dan di *dieying*.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Definisi *Anodizing*

Aluminum *anodizing* adalah proses pelapisan secara elektrokimia yang mengkonversi aluminium menjadi aluminium oksida (Al₂O₃) pada permukaan material yang akan dilapisi. 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. Keras, mendekati kekerasan *sapphire*.
2. Transparan, dengan beberapa variasi warna.
3. Terintegrasi dengan baik pada logam dasarnya, dan tidak dapat mengelupas.

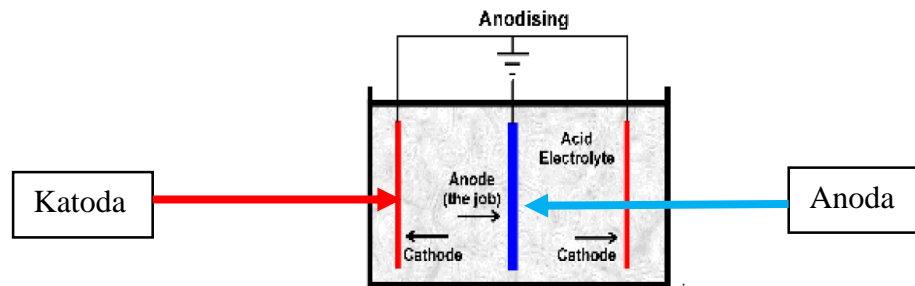
Sifat-sifat diatas merupakan keunggulan dari lapisan oksida pada proses *anodizing*.

2.2.2. Klasifikasi *anodizing*

Adapun klasifikasi yang ada dalam proses *anodizing* adalah sebagai berikut:

1. Elektroda

Elektroda adalah sebuah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan bagian non-logam dari sebuah rangkaian listrik, ditemukan oleh Michael Faraday dari bahasa Yunani elektron. Pada percobaan *anodizing* ini, bagian anoda dan katoda menggunakan jenis logam yang sama yaitu plat aluminium. Sebuah elektron dalam sebuah sel elektrolisis ditunjukkan sebagai anoda atau katoda. Anoda ini didefinisikan sebagai elektroda dimana elektron memasuki sel kemudian menimbulkan reduksi. Setiap elektroda dapat menjadi sebuah anoda atau katoda tergantung voltase yang diberikan ke dalam sel tersebut. Sebuah elektroda bipolar adalah elektroda yang berfungsi sebagai anoda dari sebuah sel elektrokimia dan katoda, bagi sel elektrokimia lainnya.



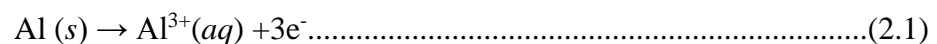
Gambar.2.1 Elektroda pada proses *anodic oxidation*.
Sumber : Febriyanti (2011).

2. Elektrolit

Elektrolit adalah suatu senyawa yang dapat menghantarkan arus listrik apabila dilarutkan kedalam larutan pelarut air. 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 ($CaCO_3$).

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 :



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 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
 t : waktu (menit)

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

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

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

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

Untuk aluminium,

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

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

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

2.2.3. Aluminium

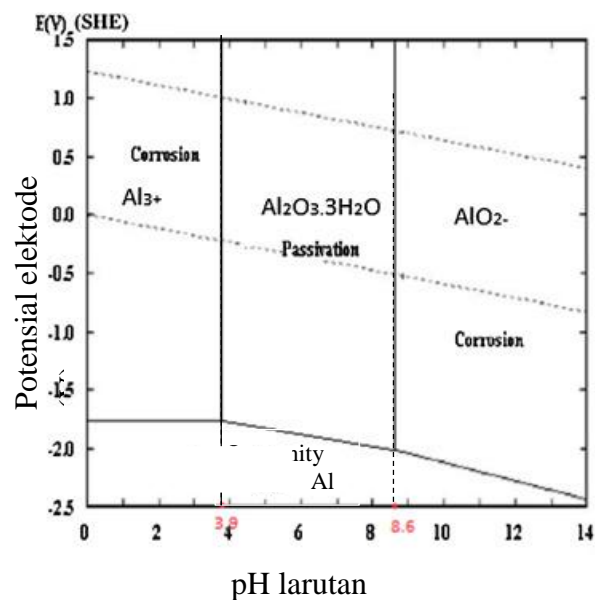
Dalam penggunaan logam dibidang industri, aluminium merupakan logam yang paling banyak digunakan setelah baja. Hal ini berarti dalam klasifikasi logam *non ferrous*, aluminium merupakan logam yang paling sering digunakan dalam

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

Aluminium sangat reaktif terhadap oksigen, dengan membentuk lapisan oksida dipermukaannya. Proses oksidasi aluminium dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Diagram porbeix aluminium
Sumber : Bubbico (2015)

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 x 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, 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% 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 dalam jangka 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 penampangannya. 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 dengan angka Sembilan empat. (Udayana, 2012)

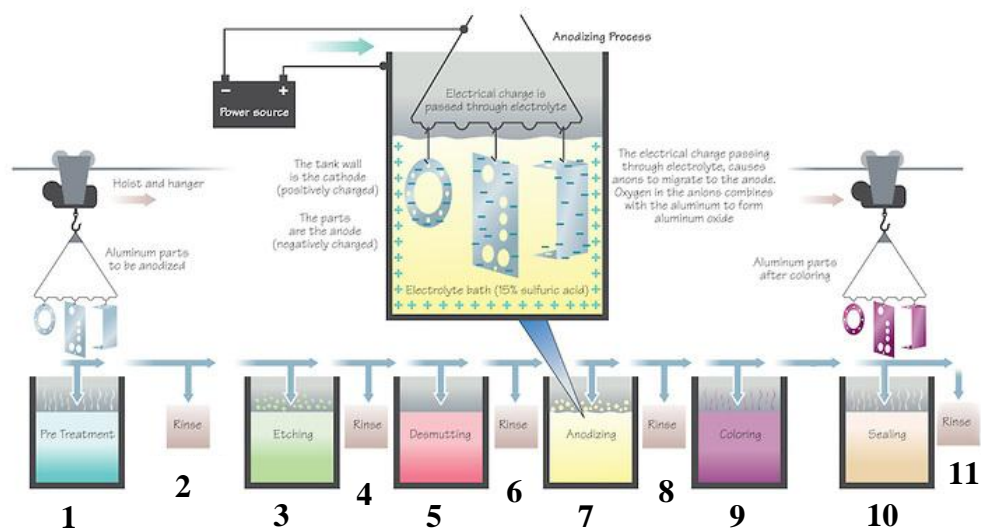
Tabel 2.1. komposisi aluminium seri 1XXX.

<i>Designation</i>	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: The Aluminium Association. (2015).

2.2.5 Proses Anodizing

Anodizing atau oksida anodik 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 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 2.3.



Gambar 2.3 Tahapan proses *anodizing*
Sumber : MitroArt.com (2016)

Keterangan gambar 2.3

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 5 gr/liter.

2. *Rinsing cleaning*

Proses *rinsing cleaning* adalah proses pembersihan benda kerja aluminium setelah proses *cleaning* dengan menggunakan air RO dari bahan kimia yang menempel pada permukaan aluminium 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 RO dari bahan kimia yang menempel pada permukaan aluminium sebelum dilakukan 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 fosfat (H_3PO_4) 75% ditambah asam sulfat (H_2SO_4) 15% dan asam nitrat (HNO_3)10%.

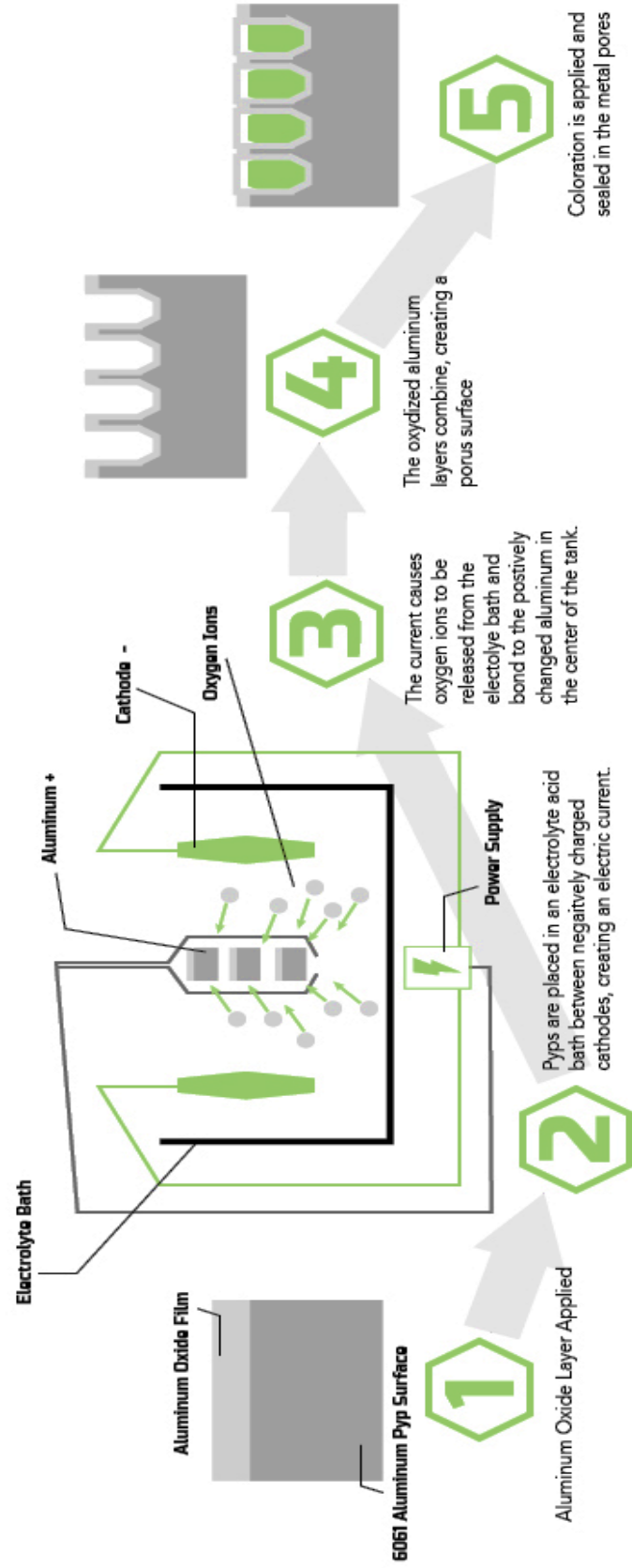
6. *Rinsing Desmut*

Proses *rinsing Desmut* adalah proses pembersihan benda kerja aluminium setelah proses *Desmut* dengan menggunakan air RO dari bahan kimia yang menempel pada permukaan aluminium sebelum dilakukan 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 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 2.4 dibawah ini.

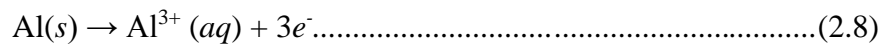
Anodizing Aluminum Process



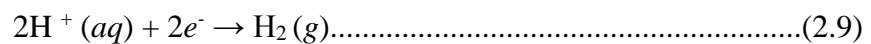
Gambar 2.4 Rangkaian pada proses *anodic oxidation*
 Sumber : Pyptek, (2015)

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. (Groves, G.) Sedangkan katoda terjadi reaksi sebagai berikut :



8. *Rinsing anodizing*

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

9. *Coloring/dieying*

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 digunakan adalah pewarna khusus *anodizing* dengan konsentrasi larutan 5 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 dengan konsentrasi 5 gr/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 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 ini 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.

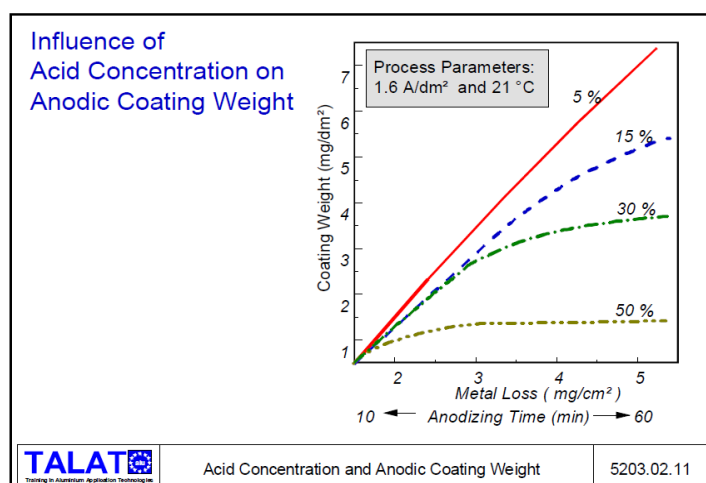
Pori dari lapisan anodik oksida mendukung proses *elektroplating*, kebanyakan asam yang digunakan apabila ingin melakukan pelapisan lanjutan adalah asam *phosfor*.

6. Aplikasi dekorasi.

Pada permukaan logam, lapisan oksida yang terbentuk memiliki tampilan yang mengkilau, 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 Konsentrasi Elektrolit pada Proses *anodizing*

Umumnya larutan elektrolit yang digunakan dalam proses *anodizing* adalah asam sulfat dan asam kromat, namun beberapa jenis asam lain seperti asam oksalat, asam fosfat, dan *sulphosalicylic acid* juga dapat digunakan untuk proses *anodizing*. Peningkatan konsentrasi dalam hubungannya dengan karakteristik lapisan, mempengaruhi kehilangan logam (*metal loss*) yang terjadi pada proses *anodizing*. Peningkatan konsentrasi yang lebih akan mengakibatkan terjadinya pelarutan lapisan film, untuk itu konsentrasi perlu diatur dengan tepat agar menghasilkan lapisan film yang optimal. Grafik konsentrasi elektrolit terhadap ketebalan lapisan oksida dapat ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Grafik waktu pencelupan *anodizing* terhadap berat lapisan oksida yang terbentuk dengan variasi konsentrasi elektrolit.

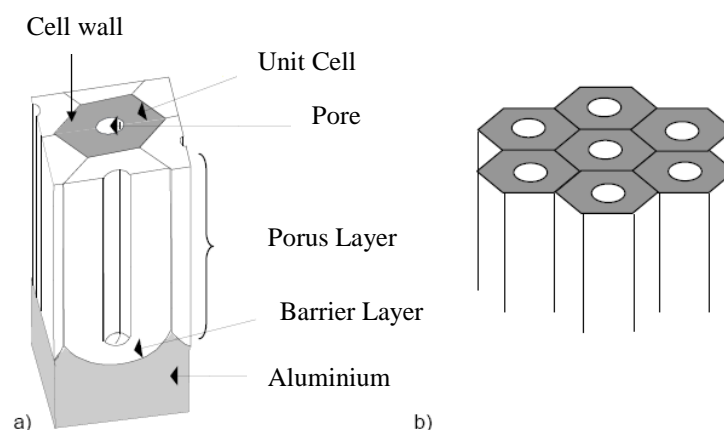
Sumber : Gazapo & Gea. (2009)

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 *Anodizing* memiliki karakteristik sebagai berikut:

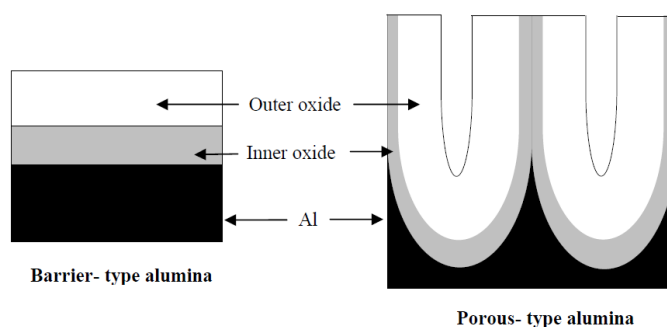
1. Keras, Aluminium (Al_2O_3) memiliki kekerasan sebanding dengan *sapphire*
2. Insulatif dan tahan terhadap beban
3. Transparan
4. Tidak ada serpihan

Lapisan oksida yang terbentuk dari proses ini akan meningkatkan ketahanan abrasif, kemampuan *insulator electric* logam, serta kemampuan untuk menyerap zat pewarna untuk menghasilkan variasi tampilan warna pada permukaan hasil anodisasi. Aluminium serta paduan-paduannya mempunyai sifat tahan terhadap korosi karena adanya lapisan oksida protektif. Tebal dari lapisan oksida sekitar $0,005-0,01 \mu m$, atau $0,1-0,4 \times 10^{-6}$ inch atau $0,25-1 \times 10^{-2}$ mikron. Struktur lapisan aluminium oksida ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 a) Struktur pori pada lapisan hasil *anodizing*,
 b) penampang lapisan oksida.
 Sumber : Juhl (2005)

Terbentuknya lapisan oksida pada permukaan logam yang dianodisasi 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 2.7.



Gambar 2.7 Skema lapisan pori hasil anodisasi

Sumber : Sipayung. (2008)

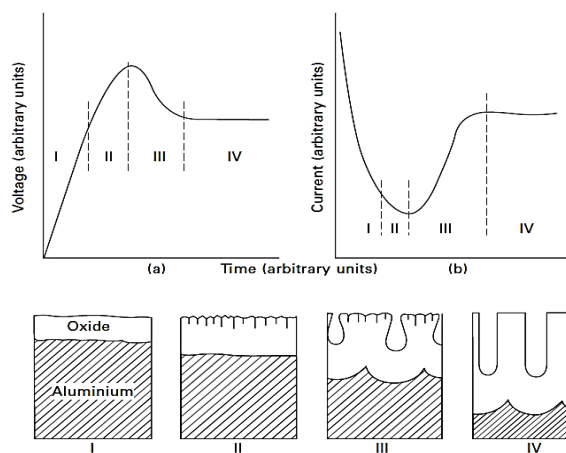
Lapisan dasar merupakan lapisan yang tipis dan padat, yang berfungsi sebagai lapisan antara lapisan pori dan logam dasar (*base metal*). Lapisan tersebut memiliki sifat yang melindungi dari korosi lebih lanjut dan tahan terhadap arus listrik. Struktur berpori yang timbul pada lapisan oksida merupakan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

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 2.8.



Keterangan gambar

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

Gambar 2.8 Tegangan dan arus yang terjadi pada pembentukan lapisan oksida *anodizing*

Sumber : Yerokhin (2010).

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).