

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Aluminium adalah logam ringan dan banyak digunakan didunia pabriksi. Namun aluminium perlu diproses dengan rekayasa perlakuan permukaan yaitu proses *anodizing*, untuk menaikkan kualitas aluminium, secara fisik dan mekanisnya. Proses anodisasi adalah proses untuk membentuk lapisan oksida pada permukaan logam dengan mengkorosikan suatu logam terutama aluminium dengan oksigen (O₂) dari larutan elektrolit sebagai media, sehingga terbentuk lapisan oksida.

Lapisan oksida adalah bagian aluminium yang dilapisi, memiliki struktur berpori yang memberikan reaksi pada saat proses pewarnaan. Proses anodizing dapat membuat aluminium menjadi lebih dekoratif dan tahan terhadap korosi. Aluminium adalah logam yang paling tepat untuk proses *anodizing*. Logam non ferous lain yang dapat digunakan untuk bahan *anodizing* adalah magnesium dan titanium Taufiq (2011).

Anodizing dilakukan untuk tujuan protektif perlindungan dan dekorasi permukaan aluminium. Prinsip proses *anodizing* hampir sama dengan prinsip *electroplating*, namun berbeda anodanya adalah logam yang akan dilapisi ditempatkan didalam larutan elektrolit. Perbedaan lain larutan yang digunakan bersifat asam dan arus yang digunakan searah direct current (DC). Proses utama, dalam *anodizing* memerlukan larutan asam sulfat, asam kromat atau campuran asam sulfat dan asam oksalat. Santhiarsa (2010).

Pujianta (2008), 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* dengan waktu penahanan pencelupan 30 menit sebesar 60 pm, 40 menit sebesar 75 pm, 50 menit sebesar 105 pm. 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. 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*.

Faris (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi waktu terhadap sifat fisik dan mekanik dalam proses *anodizing* aluminium seri 1XXX. Spesimen dari plat aluminium 1XXX, dimensi 50 mm x 30 mm x 2.8 mm. Spesimen di amplas dengan 3 kali proses pengamplasan menggunakan amplas logam seri P1000, P2000, dan C5000 yang dilanjutkan dengan proses *cleaning* dengan larutan natrium karbonat (Na₂CO₃) konsentrasi 10 gram/1000 ml air *reverse osmosis*. Dilanjutkan dengan proses *etching*, *desmut*, *anodizing* menggunakan konsentrasi larutan asam sulfat (H₂SO₄) 400 ml berbanding 60 ml air *reverse osmosis*. Variasi waktu yang digunakan pada proses pencelupan adalah 5 Menit, 10 Menit, 15 Menit, dengan arus listrik sebesar 3 Amper dan tegangan 18 Volt. Setelah itu dilakukan proses *dyeing* dan *sealing*. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian ketebalan lapisan oksida, foto mikro stereo dan kekerasan (*vickers*). 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 pm 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 $68,16 \pm 0,75$ VHN dengan standar deviasi $\pm 0,7$, 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 pertambahnya waktu proses *anodizing*.

Adrianto (2016) meneliti tentang pengaruh kuat arus dan waktu terhadap hasil pewarnaan dan massa aluminium pada proses *anodizing* dengan elektrolit H_2SO_4 15%. Pada penelitian ini ada 2 percobaan yang terjadi pada tahapan *anodizing*, yaitu percobaan pertama dengan waktu *anodizing* yang berbeda (5, 10, 15, 20, 25 menit) dan arus yang digunakan sebesar 1 ampere. Sedangkan pada percobaan kedua waktu *anodizing* tetap 10 menit, tetapi arus yang digunakan berbeda (0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 ampere). Menunjukkan bahwa semakin lama waktu *anodizing* dan arus yang semakin besar, maka semakin besar pula massa logam aluminium yang mengalami peluruhan, ini dibuktikan dengan penurunan berat menit 25 dengan arus 1A sebelum *anodizing* 6,5063gr dan sesudah *anodizing* 6,494gr, lalu menit 10 dan Arus 2,5A mengalami penurunan berat, sebelum *anodizing* 6,3101gr dan sesudah *anodizing* 6,2723gr. Pada kondisi ini, warna yang dihasilkan juga semakin pekat. Akan tetapi arus yang besar akan berdampak pada ketidakrataan hasil pewarnaan. Pada penelitian ini, faktor yang paling berpengaruh untuk menghasilkan pewarnaan yang rata adalah waktu *anodizing*, untuk menghasilkan hasil pewarnaan yang rata, hasil warna yang didapatkan pada menit 25 dengan arus 1A yaitu merah tua rata, berbeda dengan hasil warna percobaan kedua menit 10 dengan arus 2,5 A yaitu merah tidak rata.

Kemudian Andika, dkk (2010) meneliti tentang penggunaan kunyit sebagai alternatif pewarnaan pada *anodizing* aluminium yang ramah lingkungan, variasi waktu *anodizing* 30 menit kemudian waktu proses pencelupan pewarnaan yaitu 30, 45, 60, dan 75 menit dan variasi konsentrasi larutan kunyit yaitu 5, 10, 15, dan 20 gram/liter. Menggunakan tegangan DC 12V dan arus 3,2A densitas arus yang dihasilkan 10-15 mA/cm². Proses perbandingan warna dilakukan dengan

menggunakan *software photoshop* berdasarkan intensitas warna dalam menyerap cahaya. Pada variasi waktu pencelupan berpengaruh terhadap kualitas hasil warna lapisan aluminium. Hal ini terlihat bahwa kenaikan dan penurunan jumlah resolusi warna yang tidak konsisten (naik dan turun). Didapatkan hasil jumlah resolusi warna dengan konsentrasi larutan 5 gr/l pada menit 30 sebesar 1738114, menit 45 sebesar 1660453, menit 60 sebesar 1592547 dan pada menit 75 sebesar 1712109. Pada grafik resolusi warna yang bergerak menurun dari konsentrasi kunyit didapat 5 gr/l sebesar 1738114, 10 gr/l sebesar 1112384, 15 gr/l sebesar 1241194, dan 20 gr/l sebesar 1021989. Grafik tersebut tidak selalu turun, akan tetapi pada saat-saat tertentu mengalami kenaikan kualitas hasil warna, faktor tersebut diduga karena lapisan oksida yang terbentuk tidak rata dan partikel warna yang tidak sepenuhnya larut pada saat proses pewarnaan

Dari hasil penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa lama waktu pencelupan proses *anodizing* berpengaruh terhadap ketebalan lapisan oksida dan nilai kekerasan dan laju korosi lapisan oksida pada material aluminium murni cenderung meningkat seiring bertambahnya waktu proses pencelupan. Kemudian pengaruh lama waktu proses *anodizing* berpengaruh terhadap ketebalan lapisan oksida pada permukaan aluminium semakin banyak terbentuk dan naiknya nilai kekerasan permukaan aluminium seiring bertambahnya waktu. Kemudian Pengaruh lama waktu terhadap hasil warna dan massa aluminium, peluruhan massa aluminium semakin besar seiring dengan bertambahnya waktu dan warna yang dihasilkan semakin pekat seiring bertambahnya waktu. Kemudian pengaruh lama waktu pencelupan pewarnaan dan konsentrasi larutan sangat berpengaruh pada warna yang dihasilkan. Selain beberapa faktor diatas pengaruh rapat arus, tegangan, konsentrasi elektrolit, dan jenis material yang digunakan juga mempengaruhi karakteristik permukaan material yang *dianodizing*.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Definisi *Anodizing*

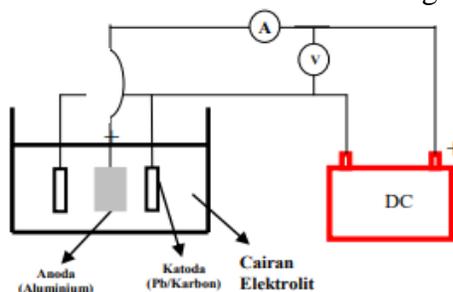
Anodizing adalah proses pelapisan secara elektrolisis yang merubah aluminium menjadi aluminium oksida (Al_2O_3) pada permukaan yang akan dilapisi. Dari definisi tersebut dapat diketahui bahwa prinsip dasar proses *anodizing* adalah elektrolisis. Proses elektrolisis merupakan peristiwa berlangsungnya 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 Klasifikasi *Anodizing*

Adapun Klasifikasi yang ada dalam proses *anodizing* 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.



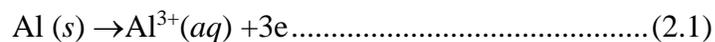
Gambar 2.1 Rangkaian proses *anodizing* (andhika,dkk,2016)

2. Elektrolit

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 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 sejumlah arus tertentu mengalir melalui beberapa elektrolisis. Maka akan dihasilkan jumlah ekivalen 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 dari masa atom (AR) dengan mol atom maka dari persamaan diatas bila 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 alumunium, ditunjukan pada persamaan (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 diatas dapat disimpulkan bahwa laju massa alumunium yang larut berbanding lurus dengan besarnya arus listrik yang digunakan.

2.2.3 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 *wronght 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 6600C . 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 paduan yang terdapat pada aluminium sebagai berikut :

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.

Sifat sifat yang dimiliki aluminium sebagai berikut :

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.

2.2.4 Klasifikasi Aluminium

1. Aluminium murni (seri 1xxx)

Jenis paduan ini mempunyai kandungan minimal aluminium 99,0% dengan besi dan silikon menjadi kotoran utama (elemen paduan). Aluminium dalam seri ini memiliki kekuatan yang rendah tapi memiliki sifat tahan korosi, konduksi panas dan konduksi listrik yang baik juga memiliki sifat mampu las dan mampu potong yang bagus. Aluminium seri ini banyak digunakan untuk sheet metal work.

2. Aluminium (seri 2xxx)

Elemen paduan utama pada seri ini adalah tembaga, tetapi ada magnesium dan sejumlah kecil elemen lain juga ditambahkan sebagian besar paduan jenis ini. Jenis paduan Al-Cu adalah jenis yang dapat diperlakukan panaskan. Dengan melalui pengerasan endapan atau penyepuhan, sifat mekanik paduan ini dapat menyamai sifat dari baja lunak, tetapi daya tahan korosinya rendah bila dibandingkan dengan jenis paduan yang lainnya. Sifat mampu lasnya juga kurang baik, karena itu paduan jenis ini biasanya digunakan pada konstruksi keling dan banyak sekali digunakan dalam konstruksi pesawat terbang seperti duralumin dan super duralumin.

3. Aluminium (seri 3xxx)

Manganesee merupakan elemen paduan utama seri ini. Paduan ini adalah jenis yang tidak dapat diperlaku-panaskan, sehingga kenaikan kekuatannya hanya dapat diusahakan melalui pengerjaan dingin pada proses pembuatannya. Bila dibandingkan dengan jenis aluminium murni, paduan ini mempunyai sifat yang sama dalam hal ketahanan terhadap korosi, mampu potong dan sifat mampu lasnya, sedangkan dalam hal kekuatannya, jenis paduan ini jauh lebih unggul.

4. Aluminium (seri 4xxx)

Paduan Al-Si termasuk jenis yang tidak dapat diperlaku-panaskan. Jenis ini dalam keadaan cair mempunyai sifat mampu alir yang baik dan dalam proses pembekuannya hampir tidak terjadi retak. Karena sifat-sifatnya, maka paduan jenis Al-Si banyak digunakan sebagai bahan atau logam las dalam pengelasan paduan aluminium baik paduan cor atau tempa.

5. Aluminium (seri 5xxx)

Magnesium merupakan paduan utama dari komposisi sekitar 5%. Jenis ini mempunyai sifat yang baik dalam daya tahan korosi, terutama korosi oleh air laut dan sifat mampu lasnya. Paduan ini juga digunakan untuk sheet metal work, biasanya digunakan untuk komponen bus, truk, dan untuk aplikasi kelautan

6. Aluminium (seri 6xxx)

Elemen paduan seri 6xxx adalah magnesium dan silicon. Paduan ini termasuk dalam jenis yang dapat diperlaku-panaskan dan mempunyai sifat mampu potong dan daya tahan korosi yang cukup. Sifat yang kurang baik dari paduan ini adalah terjadinya pelunakan pada daerah las sebagai akibat dari panas pengelasan yang timbul. Paduan jenis ini banyak digunakan untuk tujuan struktur rangka.

7. Aluminium (seri 7xxx)

Paduan ini termasuk jenis yang dapat diperlaku-panaskan. Biasanya ke dalam paduan pokok Al-Zn ditambahkan Mg, Cu dan Cr. Kekuatan tarik yang dapat dicapai lebih dari 504 Mpa, sehingga paduan ini dinamakan juga ultra duralumin yang sering digunakan untuk struktur rangka pesawat. Berlawanan dengan kekuatannya, sifat mampu las dan daya tahannya terhadap korosi kurang menguntungkan. Akhirnya ini paduan Al-Zn-Mg mulai banyak digunakan dalam konstruksi las, karena jenis ini mempunyai sifat mampu las dan daya tahan korosi yang lebih baik daripada paduan dasar Al-Zn.

8. Aluminium (seri 8xxx)

Seri 8xxx (8006; 8111; 8079; 850,0; 851,0; 852,0) dicadangkan untuk paduan unsur selain yang digunakan untuk seri 2xxx sampai 7xxx. Besi dan nikel yang digunakan untuk meningkatkan kekuatan tanpa kerugian yang signifikan dalam konduktivitas listrik, dan begitu juga berguna dalam paduan konduktor seperti 8017. Aluminium-lithium paduan 8090, yang memiliki kekuatan dan kekakuan yang sangat tinggi, dikembangkan untuk aplikasi ruang angkasa. Paduan aluminium dalam seri 8000 sesuai dengan Sistem Penomoran A98XXX.

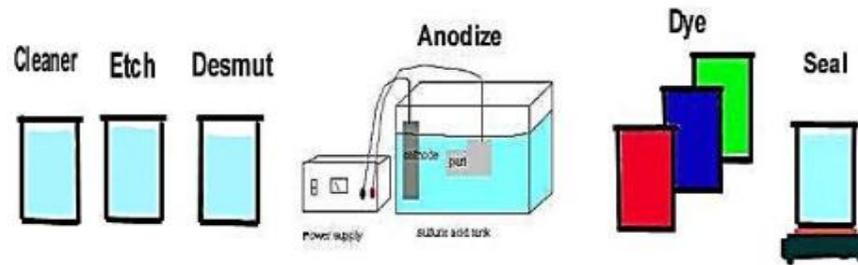
2.2.5 Kunyit

Kunyit merupakan sebuah tanaman khas Indonesia yang memiliki banyak kegunaan. Mulanya kunyit yang merupakan tanaman rempah-rempah ini banyak berkembang di daratan Asia Tenggara, kemudian dengan cepat kunyit berkembang ke daerah Indonesia, Malaysia, dan negara tetangga lainnya. Jenis tanaman yang tergolong [jahe](#)-jahean ini banyak dikonsumsi masyarakat baik untuk bahan pengolah masakan ataupun digunakan sebagai jamu dan juga bahan untuk menjaga kecantikan alami setiap wanita. Kunyit juga dapat dijadikan sebagai pewarna alami misalnya, untuk pewarna makanan dan untuk pewarna tekstil.

Kunyit merupakan pewarna alami yang dapat digunakan karena harganya murah, mudah dicari, tidak karsinogenik, dan biodegradable. Pigmen aktif pada kunyit yang dapat mewarnai jaringan tumbuhan dan memberikan warna kuning adalah kurkuminoid. Kurkuminoid merupakan senyawa dari gugus fenolik yang tersusun atas kurkumin, monodesmetokurkumin, dan bidesmetokurkumin. Komponen yang khas dan dapat memberikan warna kuning adalah kurkumin (Sri, 2016).

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*

Sumber : (Taufiq, 2011)

Keterangan gambar :

1. *Cleaning*

Proses *cleaning* adalah proses pembersihan benda kerja (aluminium) dengan menggunakan larutan natrium karbonat (Na_2CO_3) / deterjen murni dengan air (aquades). Perbandingan konsentrasi larutan natrium karbonat (Na_2CO_3) dengan air (aquades) adalah 5 gram/liter. Tujuan dari proses ini adalah untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang menempel karena bekas dari pengamplasan pada aluminium sebelum dilakukan proses *etching*.

2. *Etching*

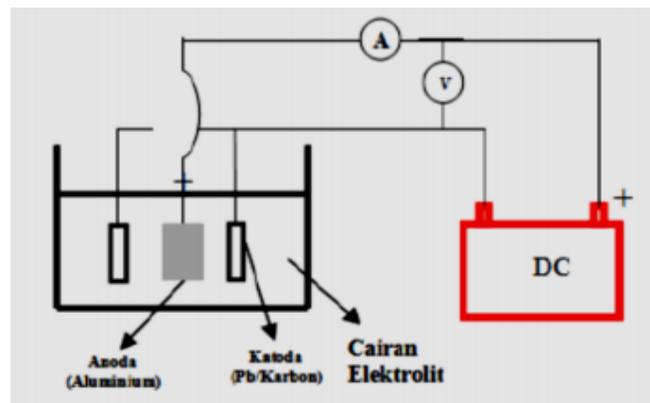
Proses *etching* merupakan proses menghilangkan lapisan oksida pada permukaan benda kerja (aluminium) yang tidak dapat dihilangkan dari proses sebelumnya. Selain itu, proses ini bertujuan untuk memperoleh permukaan benda kerja (aluminium) lebih halus dan rata. Pada proses *etching* menggunakan bahan soda api (NaOH) yang dilarutkan pada air (aquades) dengan konsentrasi 100 gram/liter.

3. *Desmut*

Proses *desmut* merupakan proses pencelupan benda kerja (aluminium) pada campuran dari asam fosfat (H_3PO_4) 75% ditambah asam sulfat (H_2SO_4) 15% dan asam nitrat (HNO_3) 10%. Proses *desmut* bertujuan untuk menghilangkan bercak hitam yang diakibatkan oleh proses *etching*.

4. *Anodic oxidation*

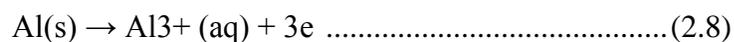
Proses *anodic oxidation* merupakan proses inti dari proses *anodizing*. Proses *anodic oxidation* adalah proses pelapisan aluminium secara elektrokimia menjadi aluminium oksida dengan proses elektrolisis. Larutan yang digunakan pada proses *anodic oxidation* adalah asam sulfat (H_2SO_4) yang dilarutkan dalam air (aquades) dengan konsentrasi 400 ml/liter. Pada proses ini, benda kerja dipasang pada anoda (+) dan sebagai katoda (-) dengan menggunakan lembaran aluminium yang lebih besar dari benda kerja. Rangkaian pada proses *anodic oxidation* dapat 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 *dyeing* atau biasa disebut proses pewarnaan berfungsi sebagai pemberian warna pada pori-pori lapisan oksida yang terbentuk akibat proses *anodic oxidation*. Tujuan dari proses *dyeing* adalah menghasilkan warna yang menarik pada lapisan oksida aluminium. Pewarna yang digunakan pada proses ini menggunakan larutan kunyit yang dilarutkan dengan air (aquades) dengan konsentrasi 20 gram/liter, Selain itu suhu pada proses *dyeing* dijaga agar tetap mendidih. Kemudian mencelupkan benda kerja (aluminium) ke dalam larutan kunyit tersebut, dengan waktu pencelupan 30 menit.

6. *Sealing*

Proses *sealing* adalah proses pencelupan benda kerja (aluminium) pada larutan asam asetat ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$) dengan air (aquades), konsentrasi larutan yang digunakan pada proses *sealing* adalah 5 gram/liter. Tujuan dari proses ini berfungsi untuk menutup pori-pori lapisan oksida yang dihasilkan dari proses *anodic oxidation* yang masih terbuka dan untuk mencegah pewarna keluar dari pori-pori lapisan oksida sehingga warna yang dihasilkan tidak pudar.

7. *Rinsing*

Proses *rinsing* adalah proses pembilasan pada proses *anodizing*, proses ini dilakukan setiap pergantian proses pada *anodizing* sebelum masuk ke proses selanjutnya. Cairan yang digunakan pada proses *rinsing* menggunakan air (aquades).

Beberapa tujuan proses *anodizing* 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 ketahanan 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 resistanct*).

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 ini memiliki nilai kekerasannya 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 plating selanjutnya

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

6. Aplikasi dekorasi

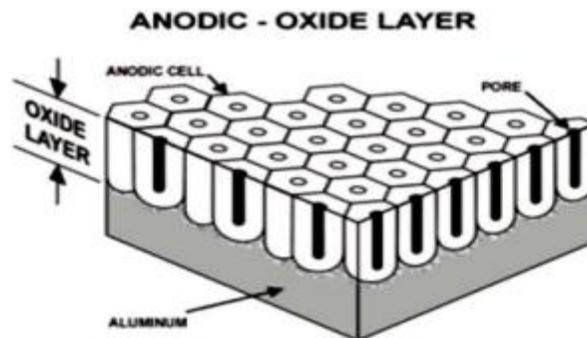
Pada permukaan logam, lapisan oksida yang terbentuk memiliki tampilan yang mengkilau, dimana pada aluminuim tampilan oksida yang alami sangat diinginkan. Selain itu, lapisan oksida yang dihasilkan dapat diberi warna dengan metode yang berbeda. Pewarnaan anorganik akan diserap pada lapisan pori-pori untuk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

2.2.7 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

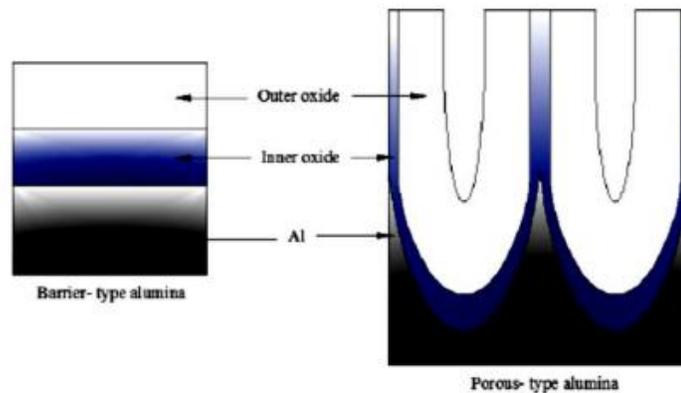
memiliki karakteristik yang keras dan memiliki kekerasan sebanding dengan batu sapphire, insulatif dan tahan terhadap beban, transparan, tidak ada serpihan.

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 2.4.



Gambar 2.4. Struktur lapisan aluminium oksida
(Hutasoit, 2008)

Terbentuknya lapisan oksida pada permukaan logam yang dianodizing bergantung pada jenis elektrolitnya, lapisan dasar oksida (*barrier type oxide film*) dan lapisan pori oksida (*porous oxide film*) dapat terbentuk pada proses anodisasi. Lapisan oksida yang dihasilkan mempunyai struktur porous atau berpori dengan bentuk strukturnya heksagonal, dengan pori yang terdapat ditengah. Seperti ditunjukkan Gambar 2.5



Gambar 2.5 Skema lapisan pori aluminium oksida
(Sipayung, 2008)

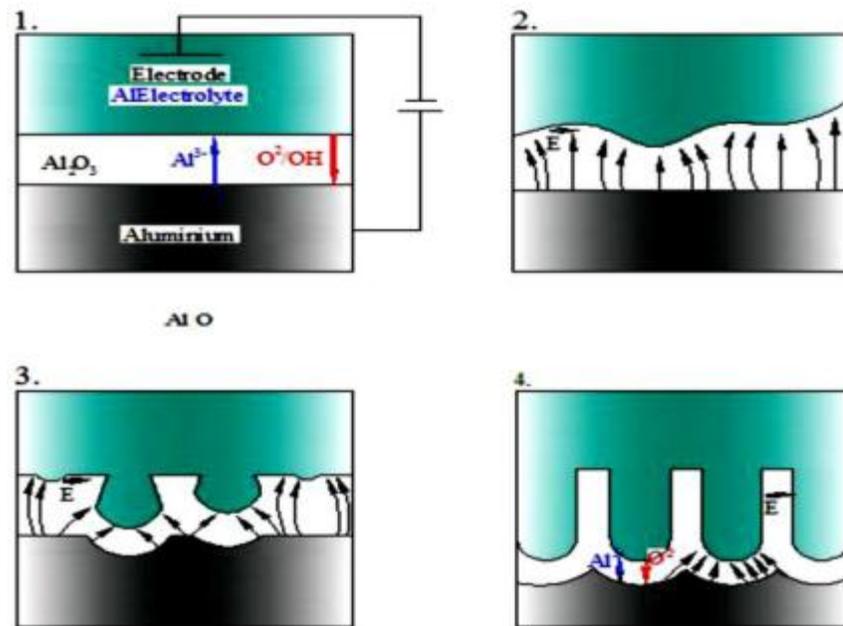
Lapisan dasar merupakan lapisan yang tipis dan padat, yang berfungsi sebagai lapisan antara lapisan pori dan logam dasar (*base metal*). Lapisan tersebut memiliki sifat yang melindungi dari korosi lebih lanjut dan tahan terhadap arus listrik. Struktur berpori yang timbul pada lapisan oksida merupakan 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 (Sipayung, 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 2.6

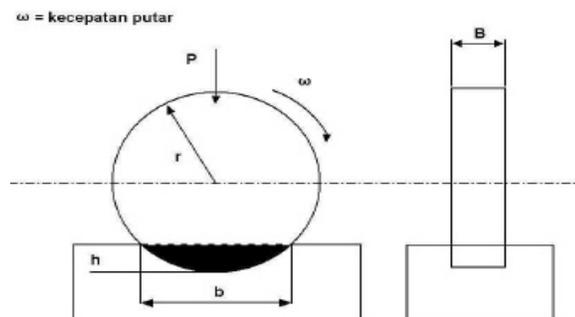


Gambar 2.6 Tahapan pembentukan lapisan oksida, (1). Pembentukan *barrierlayer*, (2). Awal pembentukan pori-pori, (3). Pori mulai terbentuk dan berkembang, (4). Pori yang terbentuk semakin stabil (Sipayung, 2008)

2.2.8 Pengujian Ketahanan Aus

Keausan adalah hilangnya sejumlah lapisan permukaan material karena adanya gesekan dengan permukaan material dengan benda lain. Pengujian keausan dapat dilakukan dengan berbagai macam metode dan teknik, yang semuanya bertujuan untuk mensimulasikan kondisi keausan aktual. Salah satunya adalah metode oghosi dimana benda diberi beban gesek dari cincin yang berputar (*revolving disc*). Pembebanan gesek ini akan menghasilkan kontak antar permukaan secara berulang ulang yang pada akhirnya akan mengambil sebagian material pada permukaan benda uji. Besarnya jejak pada permukaan dari permukaan material yang tergesek itulah yang menjadi dasar penentuan tingkat keausan pada material.

Laju keausan dapat dinyatakan dengan jumlah kehilangan material tiap satuan panjang lurus spesimen dengan satuan waktu. Prinsip keausan spesimen dengan *disc on block* dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Prinsip uji keausan
Sumber : (ftkceria.wordpress.com)

Laju keausan dapat dinyatakan dengan persamaan 2.10 :

$$W = \frac{V_i - V_f}{t} = \frac{V}{t} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

W : Laju Keausan (mm³/menit)

V_i : Volume awal (mm³)

- Vf : Volume akhir (mm³)
 t : Waktu pengausan (menit)
 V : volume goresan yang hilang (mm³)

Volume goresan yang hilang (V) pada spesimen ditentukan dengan persamaan 2.11 :

$$V=B \left[r^2 \sin^{-1} \left(\frac{b}{2r} \right) - \frac{b}{2} \sqrt{r^2 - \frac{b^2}{4}} \right] \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

- V : volume goresan yang hilang (mm³)
 B : tebal *disc* (mm)
 r : radius *disc* (mm)
 b : lebar keausan yang didapat dari hasil pengamatan mikroskop (mm)

keausan spesifik dihitung berdasarkan lebar kausan benda benda uji yang tergores oleh *disc* berputar. Keausan spesifik (Ws dalam mm³/Kg) dinyatakan dengan persamaan 2.12:

$$W_s = \frac{B \cdot b o^3}{8 \cdot r \cdot P_o \cdot l_o} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

- Ws : keausan spesifik (mm²/kg)
 B : tebal disc (mm)
 r : radius disc(mm)
 bo : lebar keausan yang didapat dan hasil pengamatan mikroskop (mm)
 P_o : beban tekan (kg)
 l_o : jarak tempuh dari beban pengausan (mm)