

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Kajian Pustaka.

Aluminium adalah material logam yang banyak digunakan pada berbagai macam aplikasi seperti di bidang industri hingga keperluan rumah tangga. Aluminium memiliki beberapa kelebihan yaitu memiliki rasio terhadap beban yang tinggi, ringan, tahan terhadap korosi dari berbagai macam bahan kimia, memiliki konduktivitas thermal maupun listrik yang tinggi, memantulkan cahaya dan tidak bersifat magnet (Suhariyanto, 2003). Dari kelebihan tersebut aluminium juga memiliki beberapa kekurangan seperti mudah mengalami deformasi serta memiliki nilai kekerasan yang rendah. Untuk memperbaiki sifat fisik maupun mekanik dari aluminium, dilakukan suatu metode perlakuan dengan cara *anodizing*.

*Anodizing* bertujuan untuk membentuk lapisan oksida pada logam dengan mereaksikan atau mengkorosikan suatu logam salah satunya aluminium dengan oksigen yang berasal dari larutan elektrolit yang digunakan sebagai media penghantar listrik, sehingga terbentuk lapisan oksida. Beberapa manfaat dari *anodizing* aluminium yaitu dapat meningkatkan kekerasan permukaan, ketahanan korosi, memperbaiki tampilan fisik dan meningkatkan ketahanan abrasi (Santhiarsa, 2009).

*Anodizing* dilakukan dengan mencelupkan aluminium ke dalam larutan elektrolit asam dan mengalirkan arus listrik melalui medium tersebut. Sebuah katoda dipasangkan agar terjadi proses pelapisan. Aluminium bertindak sebagai anoda. Ion oksigen dilepaskan dari larutan elektrolit untuk dikombinasikan dengan atom-atom aluminium pada permukaan logam yang di-*anodizing*, sehingga akan terjadi suatu perpindahan ion dari katoda menuju ke anoda (Taufik, 2011). *Anodizing* diklasifikasikan menjadi 3 tipe yaitu *chromic acid anodizing*, *sulphuric acid anodizing* dan *hard anodizing* (Taufik, 2011). Teknik yang paling umum digunakan dalam *anodizing* berdasarkan jenis elektrolit yang digunakan adalah jenis *sulfuric acid anodizing* atau *anodizing* menggunakan larutan asam

sulfat ( $H_2SO_4$ ). Hal ini disebabkan teknik ini yang paling bernilai ekonomis dan efektif untuk menghasilkan lapisan oksida yang cukup tebal. Konsentrasi asam sulfat yang paling optimum digunakan untuk teknik *anodizing* adalah 40% karena pada konsentrasi 40%, karakteristik permukaan logam aluminium hasil *anodizing* memberikan tingkat kekerasan dan keausan yang paling optimal (Sidharta, 2012).

Santhiarsa (2009), melakukan penelitian tentang pengaruh variasi waktu pencelupan selama 10, 20 dan 30 menit terhadap ketebalan lapisan oksida dan kekerasan permukaan pada aluminium 2024-T3 yang di *anodizing*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk variasi waktu pencelupan yang semakin lama cenderung akan membuat lapisan oksida menjadi semakin tebal dengan ketebalan berturut-turut 3.3  $\mu m$ , 4.16  $\mu m$  dan 5  $\mu m$ . Selain itu pada kekerasan permukaan menunjukkan adanya peningkatan setelah proses *anodizing* dengan nilai kekerasan berturut turut sebesar 100,54 gr/ $\mu m$ , 112,23 gr/ $\mu m$ , dan 121,45 gr/ $\mu m$ . Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa semakin lama waktu pencelupan dapat menyebabkan ketebalan lapisan oksida dan kekerasan permukaan menjadi semakin meningkat.

Nugroho (2015), melakukan penelitian tentang variasi waktu pencelupan terhadap struktur permukaan dan nilai kekerasan permukaan pada plat aluminium seri 2024-T3. Proses *anodizing* menggunakan larutan asam sulfat 10% dengan rapat arus antara 1,5 Ampere per desimeter persegi, 3 Ampere per desimeter persegi dan 4,5 Ampere per desimeter persegi, dengan waktu pencelupan 30, 40, 50 dan 60 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur permukaan aluminium setelah di *anodizing* cenderung menghasilkan struktur berpori dengan ukuran pori mencapai 50  $\mu m$ , selain itu jumlah pori tersebut semakin bertambah diikuti dengan ukuran pori yang semakin besar seiring bertambahnya waktu *anodizing*. Dari hasil pengujian kekerasan menggunakan metode *vickers* menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi didapat pada penahanan pencelupan selama 50 menit dengan nilai VHN 193,8. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa nilai kekerasan plat Al 2024-T3 akan semakin meningkat dengan bertambahnya waktu pencelupan *anodizing*.

Dari beberapa hasil penelitian diatas menunjukkan bahwa waktu pencelupan pada proses *anodizing* sangat mempengaruhi struktur permukaan, ketebalan lapisan oksida dan nilai kekerasan pada permukaan aluminium 2024-T3. Namun demikian, dari beberapa penelitian tersebut belum melakukan pengujian terhadap aluminium dengan seri 1XXX dengan tingkat kemurnian 99% dimana aluminium jenis tersebut memiliki sifat yang lunak, mudah terdeformasi dan kurang tangguh. Oleh sebab itu untuk memperbaiki sifat fisik maupun mekaniknya perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap material tersebut dengan menggunakan metode *anodizing*

## 2.2. Dasar Teori

### 2.2.1. Aluminium

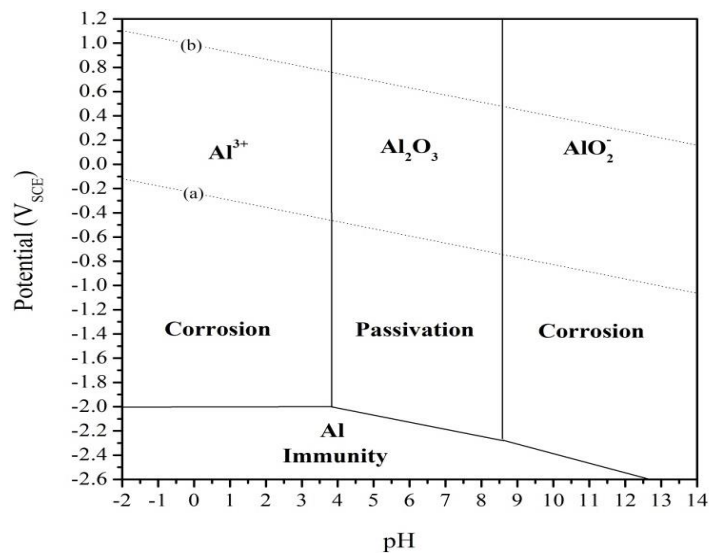
Aluminium merupakan logam dengan karakteristik massa jenis yang relatif rendah (2,7 g/cm<sup>3</sup>), terletak pada golongan IIIA, dan memiliki nomor atom 13, memiliki konduktivitas listrik dan panas yang tinggi dan tahan terhadap serangan korosi di berbagai lingkungan, termasuk ditemperatur ruang, memiliki struktur FCC (*face centered cubic*), tetap memiliki keuletan di kondisi temperatur rendah serta memiliki temperatur lebur 660°C (Sipayung, 2008).

Aluminium membentuk lapisan oksida penghalang yang terikat kuat terhadap permukaannya, dan apabila lapisan tersebut rusak, maka akan dapat terbentuk kembali secara alami. Pada permukaan aluminium yang terabrasi dan terekspos oleh udara, ketebalan lapisan oksida penghalang hanya sekitar 1 nm, namun demikian, lapisan tersebut masih sangat efektif untuk melindungi aluminium dari korosi

Logam aluminium memiliki nilai elektro positif yang cukup tinggi, sehingga aluminium dapat dengan mudah bereaksi dengan oksigen dan membentuk lapisan oksida yang tipis pada permukaannya melalui reaksi sebagai berikut:



Lapisan oksida yang terbentuk pada aluminium memiliki ketebalan antara  $0,1-0,4 \times 10^{-6}$  inchi sampai dengan  $0,25-1 \times 10^{-2}$  mikron. lapisan oksida ini akan tetap stabil pada kondisi pH antara 4,5 sampai 8,5 sebagaimana ditunjukkan pada diagram pourbaix (Gambar 2.1). lapisan oksida tersebut juga meningkatkan sifat ketahanan korosi dari aluminium karena lapisan ini berfungsi sebagai lapisan protektif yang menghalangi oksigen untuk bereaksi lebih lanjut dengan aluminium.



Gambar.2.1 Diagram pourbaix Al.

Lapisan oksida aluminium ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) yang dihasilkan dari proses *anodizing* berbeda dengan lapisan oksida yang terbentuk secara alami karena *anodizing* dapat menghasilkan lapisan oksida dengan ketebalan mencapai 500 kali dan kekerasan hingga 2 kalinya (Nugroho, 2015).

### 2.2.2. Aluminium Murni (Seri 1XXX)

Aluminium seri 1XXX adalah jenis aluminium dengan tingkat kemurnian minimum 99,0 %. bila dilakukan proses elektrolisa lebih lanjut, dapat didapatkan aluminium dengan kemurnian hingga 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%. Dibawah ini merupakan komposisi pada aluminium dengan seri 1XXX (Rasyid dkk, 2009).

Tabel.2.1 Komposisi aluminium seri 1XXX

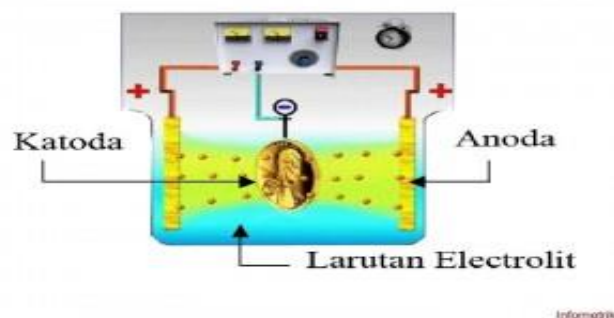
Komposisi	Si,%	Fe,%	Cu,%	Mn,%	Mg,%	Zn,%	Ti,%	Others,%	Al, % min
1050	0,25	0,4	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03	99,5
1060	0,25	0,35	0,05	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03	99,6
1100	0.95 Si + Fe		0.05- 0.2	0,05	-	0,1	-	0,15	99
1145	0.55 Si + Fe		0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03	99,45
1200	1.00 Si + Fe		0,05	0,05	-	0,1	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)

### 2.2.3. Definisi *Anodizing*

*Anodizing* atau oksida anodik merupakan proses elektrolisis yang dilakukan untuk menghasilkan lapisan oksida yang lebih tebal dibandingkan lapisan oksida yang terbentuk secara alami sehingga dapat meningkatkan sifat-sifat fisik dan mekanik dari logam tersebut (Sipayung, 2008). tidak semua logam dapat di *anodizing* dikarenakan perbedaan sifat fisik dan mekaniknya, beberapa logam yang dapat di *anodizing* antara lain aluminium, titanium, magnesium, seng, tembaga, kadmium, perak, dan sebagainya.

Pada proses *anodizing* logam aluminium diposisikan sebagai anoda sehingga nantinya logam inilah yang akan teroksidasi. Katoda yang digunakan adalah elektroda inert. Katoda dan anoda dicelupkan pada larutan elektrolit berupa larutan asam maupun basa, hal ini dimaksudkan agar pH aluminium berada pada daerah yang rentan terhadap proses oksidasi. Agar terjadi aliran arus pada sel percobaan, maka katoda dan anoda dihubungkan pada sumber arus yaitu *rectifier*, dimana anoda aluminium dihubungkan pada kutub positif dan katoda berupa elektroda inert dihubungkan pada kutub negatif. Pada saat *rectifier* diaktifkan, maka arus akan mengalir dari kutub positif menuju kutub negatif dan hal ini menyebabkan terjadinya pelepasan ion pada aluminium, yang menyebabkan aluminium teroksidasi dan berikatan dengan oksigen serta membentuk lapisan oksida.

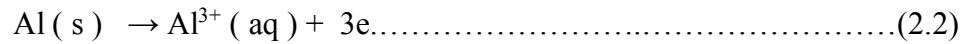


Gambar 2.2 Skema *Anodizing*  
(Andriyanto, 2012)

Karakteristik lapisan oksida ini terintegrasi secara baik terhadap logam dasarnya, selain itu lapisan tersebut memiliki sifat keras jika dibandingkan dengan kekerasan *sapphire*, transparan dengan beberapa variasi warna dan tidak dapat mengelupas (Priyanto, 2012).

Pada proses *anodizing* terjadi peristiwa elektrolisis dimana sebagian logam aluminium pada permukaan dilarutkan menggunakan arus listrik. Elektrolisis adalah peristiwa berlangsungnya reaksi kimia oleh arus listrik. diperlukan elektrolit (larutan atau leburan), dan dua elektroda yaitu anoda dan katoda. Pada anoda terjadi reaksi oksidasi sedangkan pada katoda terjadi reaksi reduksi. Elektrolisa benda kerja yang berupa aluminium. selanjutnya logam

aluminium akan berubah menjadi ion aluminium yang larut dalam larutan asam sesuai dengan rumus 2.2 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 di hasilkan jumlah ekuivalen masing-masing zat. yang dinyatakan dalam hukum Faraday seperti persamaan 2.3 berikut :

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

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 menjadi :

$$n.AR = \frac{i.t}{F.z} .AR \dots \dots \dots (2.4)$$

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

$$\frac{m}{t} = \frac{i.AR}{F.z} \dots \dots \dots (2.6)$$

Sedangkan persamaan untuk material aluminium dijelaskan pada persamaan 2.7 dan 2.8 sebagai berikut :

$$\frac{m}{t} = \frac{i \cdot 26,98}{96485.3} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$\frac{m}{t} = 9,32 \times 10^{-5} \cdot i \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana : m : massa (g/dm<sup>2</sup>)

t : waktu ( menit)

i : kuat arus (ampere)

#### 2.2.4. Fungsi *Anodizing*

*Anodizing* dapat meningkatkan sifat mekanik dan fisik dari material aluminium. adapun beberapa fungsi dari *anodizing* aluminium antara lain adalah :

1. Meningkatkan ketahanan korosi.  
 lapisan oksida yang terbentuk pada permukaan aluminium hasil *anodizing* bersifat tahan terhadap korosi dan mampu menahan serangan atmosfer. dilingkungan asam. Lapisan oksida melindungi logam yang ada di bawahnya dengan bertindak sebagai penghalang (*barrier*) dari serangan seperti lingkungan yang korosif.
2. Meningkatkan sifat adhesif.  
 lapisan tipis hasil proses *anodizing* yang menggunakan asam sulfat dapat meningkatkan kekuatan ikatan dan ketangguhan yang biasanya digunakan pada industri pesawat terbang.
3. Meningkatkan ketahanan aus.  
 Proses *anodizing* dapat menghasilkan lapisan setebal 25 – 100 mikron. Dengan kekerasan inheren aluminium oksida yang sedemikian cukup tebal dapat digunakan untuk aplikasi di bawah kondisi ketahanan abrasi. Dimana lapisan oksida ini memiliki nilai kekerasan yang tinggi (sebanding dengan *sapphire* ).



4. Isolator listrik.

Lapisan oksida memiliki resistivitas yang tinggi khususnya lapisan oksida dengan pori tertutup.

5. Dapat digunakan sebagai pelapis untuk katoda.

Dalam proses menghasikan lapisan oksida, aluminium yang bertindak sebagai anoda akan mengalami reaksi reduksi yang sekaligus melapisi katoda. Walaupun proses pelapisan selesai, aluminium hasil *anodizing* dapat digunakan berkali kali sebagai anoda dikarenakan pori dari lapisan oksida dapat mendukung proses *electroplating*,

6. Aplikasi dekorasi / tampilan.

Pada permukaan logam, lapisan oksida yang terbentuk memiliki tampilan yang mengkilap, dimana pada aluminium tampilan oksida yang alami sangat diinginkan. Selain itu, lapisan oksida yang dihasilkan dapat menyerap zat pewarna yang dapat memperbaiki fisik aluminium.

### 2.2.5. Klasifikasi *Anodizing*

Reaksi dasar dari proses *anodizing* adalah merubah permukaan aluminium menjadi aluminium oksida dengan menekan bagian logam sebagai anoda dalam elektrolis.

Ada 2 jenis klasifikasi *anodizing* yaitu berdasarkan:

#### 1. Jenis elektrolit yang digunakan

Menurut Taufik (2011) Terdapat tiga jenis *anodizing* yang umum digunakan jika dilihat berdasarkan jenis elektrolit yang digunakan antara lain :

##### a. *Chromic Acid Anodizing* (Tipe I)

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

##### b. *Sulfuric Acid Anodizing* (Tipe II)

Tipe ini adalah tipe yang paling umum dilakukan yaitu dengan menggunakan larutan asam sulfat sebagai elektrolit dengan kemampuan

menghasilkan lapisan oksida hingga 50 mikron. Selama proses berlangsung, 67% oksida protektif terintegrasi ke dalam substrat dan sisanya tumbuh ke arah luar. Lapisan yang dihasilkan *permeable* dan *porous* sehingga dapat dilakukan pewarnaan. Tipe II biasa digunakan untuk aplikasi arsitektur, bagian pesawat terbang, otomotif, maupun komputer.

c. *Hard Anodizing* (Tipe III)

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

## 2. Jenis sumber arus yang digunakan

Menurut priyanto (2012), ada 2 jenis *anodizing* jika dilihat berdasarkan jenis sumber arus yang digunakan antara lain :

a. *Anodizing* arus AC

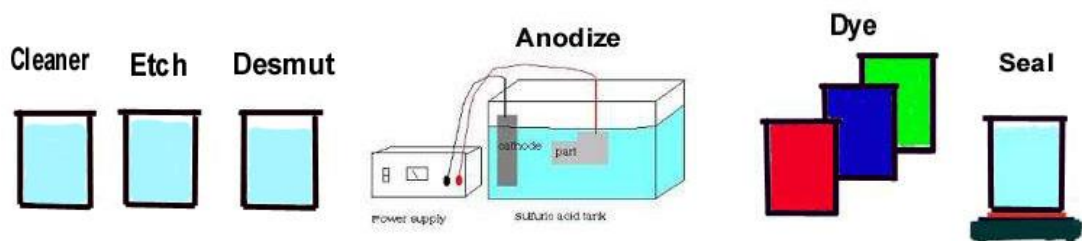
*AC (alternate current) anodizing* adalah *anodizing* yang menggunakan arus bolak-balik. Proses pembentukan oksida pada *AC anodizing* lebih lambat daripada *DC anodizing* karena polaritas positif dan negatif *power supply* bergantian secara cepat. *Anodizing* tipe ini sering digunakan dengan tujuan memperoleh hasil pelapisan dengan kekerasan rendah. Aplikasi *anodizing* tipe ini adalah pada pembuatan aluminium *foil*. Apabila pembuatan aluminium *foil* dilakukan menggunakan *DC anodizing*, maka akan diperoleh hasil *anodizing* dengan kekerasan tinggi yang mengakibatkan aluminium *foil* akan patah jika ditebuk atau di rol. Apabila pembuatan aluminium *foil* ini dilakukan dengan menggunakan *AC anodizing* maka akan diperoleh aluminium foil dengan sifat tahan tekuk dan rol.

b. *Anodizing* arus DC

*DC (direct current) anodizing* adalah *anodizing* yang menggunakan arus searah. proses pembentukan oksida pada *DC anodizing* lebih cepat daripada *AC anodizing* karena polaritas positif *power supply* selalu berada pada benda kerja. *Anodizing* tipe ini sering digunakan dengan tujuan memperoleh hasil pelapisan dengan kekerasan tinggi.

### 2.2.6. Proses Anodizing

*Anodizing* adalah sebuah proses elektrokimia yang bertujuan untuk menghasilkan lapisan aluminium oksida dipermukaan aluminium dengan perantara elektrolit. Konsentrasi elektrolit yang digunakan yaitu 400ml/l. Aluminium atau anoda dipasang pada kutub positif (+) dan katoda (-) berupa lembaran aluminium atau bisa juga menggunakan timbal dan karbon. Proses *Anodizing* ditunjukkan pada Gambar 2.3 :



Gambar 2.3 Proses *Anodizing*

Keterangan gambar 2.3 :

1. *Cleaning* (Pembersihan).

*Cleaning* merupakan proses untuk membersihkan bagian yang akan dianodisasi agar diperoleh hasil akhir yang memuaskan. Komposisi cairan cleaning berupa detergen murni ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) dengan konsentrasi larutan 5gr/liter. Bagian yang telah di cleaning tidak boleh disentuh dengan menggunakan tangan karena dapat mengakibatkan kotoran dan lemak menempel lagi.

## 2. *Etching* (Etsa)

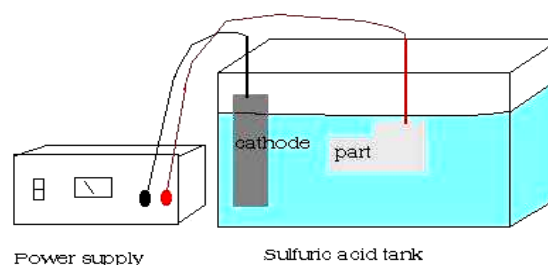
*Etching* (etsa) adalah proses menghilangkan lapisan oksida alami yang ada pada permukaan aluminium yang tidak dapat dihilangkan dengan proses sebelumnya baik itu proses *cleaning* atau *rinsing*. Selain itu, proses etsa juga ditujukan agar permukaan benda kerja lebih halus. Komposisi cairan etsa berupa larutan soda api (NaOH) dengan konsentrasi 100 gr/liter

## 3. *Desmut*

*Desmut* bertujuan untuk pembersihan bercak-bercak hitam yang diakibatkan oleh proses etsa. Larutan yang dipakai adalah campuran dari asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) dengan rasio 75% ditambah asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) 15%, dan asam nitrat ( $HNO_3$ ) 10%.

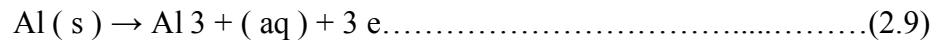
## 4. *Anodizing*

*Anodizing* adalah proses pelapisan secara elektrokimia yang membentuk lapisan oksida pada permukaan aluminium. logam aluminium yang akan di *anodizing* dicelupkan ke dalam larutan elektrolit berupa asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dengan konsentrasi 40% dan aquades 60%. lalu dialirkan arus listrik searah melewatinya. Aluminium dihubungkan dengan arus positif (+) yang bertindak sebagai anoda. Sedangkan yang bertindak sebagai katoda antara lain ; timbal, aluminium, maupun grafit, namun yang paling umum digunakan adalah aluminium. Arus yang melewati bagian aluminium yang akan di *anodizing* mengakibatkan permukaan aluminium (anoda) teroksidasi membentuk aluminium oksida. Lapisan oksida berbentuk seperti struktur sarang lebah (*honeycomb*) yang memiliki banyak pori-pori berukuran mikroskopis.

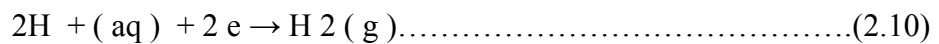


Gambar 2.4 Rangkaian proses *anodizing*

Logam aluminium atau benda kerja pada larutan elektrolit ditempatkan sebagai anoda sehingga logam inilah yang akan teroksidasi. Persamaan reaksi yang terjadi pada anoda ketika proses *anodizing* sebagai berikut :



Atom-atom yang terdapat pada aluminium akan teroksidasi menjadi ion-ion yang larut larutan asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Hal ini membuat permukaan logam aluminium menjadi berlubang membentuk pori – pori. Sedangkan pada katoda terjadi reaksi sebagai berikut :



5. *Dieying* (Perwarnaan)

Proses pewarnaan berfungsi sebagai pemberian warna pada pori - pori lapisan oksida yang terbentuk setelah *anodizing*, sehingga dihasilkan tampilan warna yang menarik pada lapisan oksida aluminium. Namun pada penelitian ini tidak digunakan pewarnaan dikarenakan ketidakmampuan spesimen untuk menyerap bahan pewarna akibat pori - pori yang sempit.

6. *Sealing*.

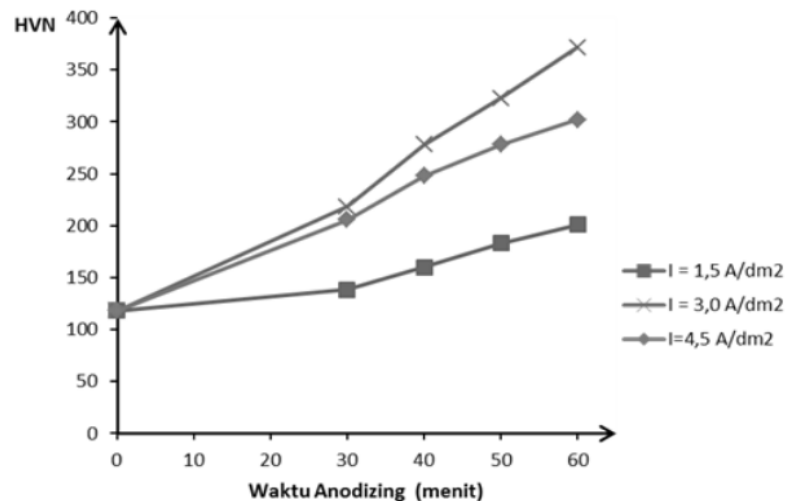
Proses *sealing* berfungsi untuk menutup pori - pori lapisan oksida yang dihasilkan dari proses *anodizing* yang masih terbuka. Lapisan yang telah ditutup dengan proses *sealing* dapat meningkatkan kekerasan permukaan aluminium. pada proses *sealing* larutan yang digunakan adalah asam asetat dengan konsentrasi 5 gr/liter aquades. Setelah dilakukan proses *sealing*, maka struktur permukaan lapisan akan menjadi lebih halus dan rata.

**2.2.7. Waktu pencelupan *anodizing***

Waktu pencelupan *anodizing* merupakan interval proses awal hingga akhir proses *anodizing*. interval pencelupan pada proses *anodizing* merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi hasil dalam proses *anodizing*. interval

waktu pencelupan yang lebih lama akan menghasilkan ketebalan lapisan oksida (*oxide layer*) yang semakin tebal, sehingga kekerasan permukaan akan meningkat begitupula sebaliknya. Pada interval waktu yang terlalu lama, cenderung akan menyebabkan *burning* (gosong) dan spesimen akan semakin tergerus habis. Hal ini merupakan akibat dari aliran rapat arus yang terlalu lama pada area tertentu sehingga terjadi pemanasan berlebih pada area tersebut.

Nugroho (2015), melakukan penelitian terhadap variasi waktu pencelupan terhadap kekerasan permukaan pada aluminium 2024-T3, hasil penelitian tersebut menyimpulkan bahwa semakin lama waktu pencelupan pada proses *anodizing* akan menyebabkan permukaan aluminium menjadi semakin keras. hal ini disebabkan oleh lapisan oksida yang semakin tebal seiring bertambahnya waktu pencelupan, pori yang terbentuk pada lapisan oksida cenderung lebih sempit seiring bertambahnya waktu pencelupan yang juga mempengaruhi nilai kekerasan dimana akan meningkatkan kekerasan permukaan pada aluminium 2024-T3. yang ditunjukkan pada gambar 2.5.



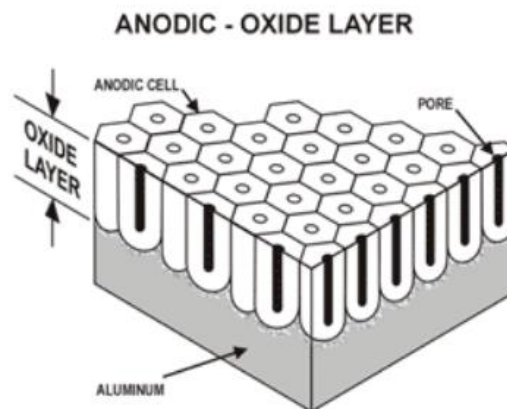
Gambar 2.5 Grafik variasi interval waktu pencelupan *anodizing* terhadap kekerasan permukaan AL 2024-T3. (Nugroho, 2015)

### 2.2.8. Lapisan oksida *anodizing*

Lapisan hasil *anodizing* memiliki struktur yang berbeda dari lapisan oksida yang terbentuk secara alami, dimana lapisannya memiliki struktur 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 oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) memiliki kekerasan mirip dengan *sapphire*
2. Insulatif dan tahan terhadap korosi
3. Transparan
4. Tahan terhadap goresan

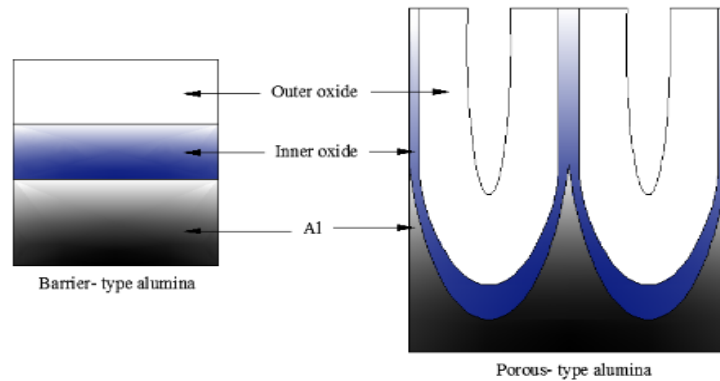
Lapisan oksida yang terbentuk dari proses ini akan meningkatkan ketahanan abrasi, kemampuan insulator listrik. Aluminium serta paduannya mempunyai sifat tahan terhadap korosi karena adanya lapisan oksida protektif. Tebal dari lapisan oksida sekitar 0,005 - 0,01  $\mu\text{m}$ .



Gambar 2.6 Struktur permukaan lapisan oksida hasil *anodizing*.  
(Hutasoit, 2008)

Terbentuknya lapisan oksida pada permukaan logam yang di *anodizing* bergantung pada jenis elektrolit yang digunakan. lapisan dasar oksida (*barrier type oxide film*) dan lapisan pori oksida (*porous oxide film*) dapat terbentuk selama proses *anodizing*. Lapisan oksida yang dihasilkan

mempunyai struktur yang berpori dengan bentuk strukturnya heksagonal, dengan pori yang terdapat di tengah . Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.7 Struktur berpori lapisan oksida  
(Sipayung, 2008)

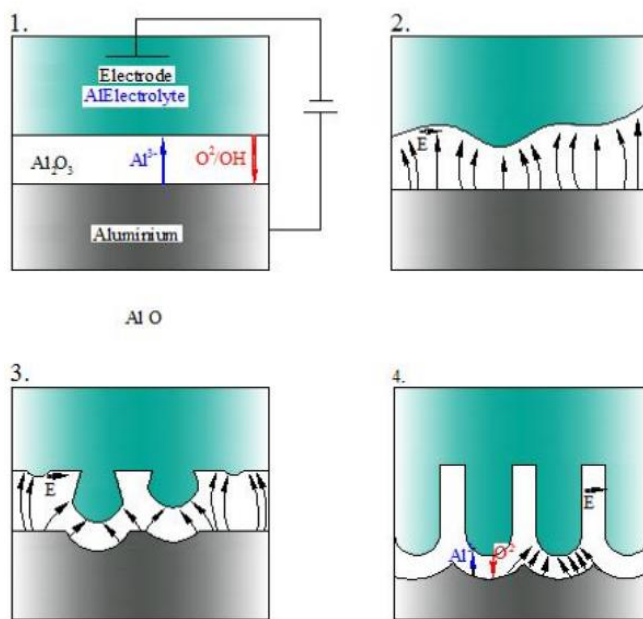
Lapisan dasar merupakan lapisan yang tipis dan padat, yang berfungsi sebagai lapisan antara lapisan pori dan logam dasar (*base metal*). Struktur berpori yang timbul pada lapisan oksida merupakan hasil dari kesetimbangan antara reaksi pembentukan dari pelarutan lapisan oksida. Pada awalnya lapisan pori yang terbentuk selinder memanjang namun karena kemudian bersinggungan dengan oksida - oksida lainnya yang berada di sisi-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 *anodizing* 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 *rectifier* 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.
4. Arus yang mengalir 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 mulai terbentuk dan berkembang
4. Pori yang terbentuk semakin stabil.

Gambar 2.8 Tahap pembentukan lapisan oksida (Sipayung, 2008)