

BAB II

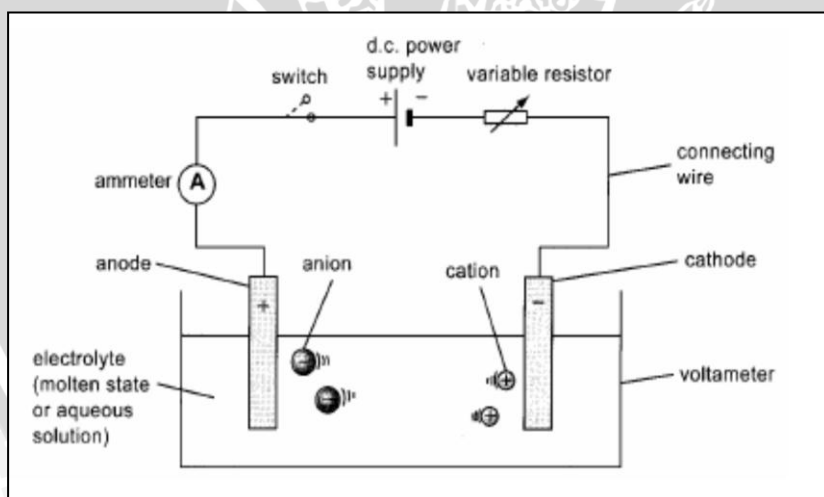
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Elektrolisis

Elektrolisis adalah peristiwa penguraian ion-ion logam pada larutan elektrolit oleh aliran listrik. Dalam elektrolisis, elektroda yang bermuatan positif disebut anoda dan elektroda yang bermuatan negatif disebut katoda.

Cara kerja sel elektrolisis adalah seperti yang terdapat pada gambar 2.1 berikut :

1. Sumber arus listrik searah memompa elektron dari anoda ke katoda. Elektron ini ditangkap oleh kation (ion positif) pada larutan elektrolit sehingga pada permukaan katoda terjadi reaksi reduksi terhadap kation.
2. Pada saat yang sama, anion (ion negatif) pada larutan elektrolit melepaskan elektron. Dan melalui anoda, elektron dikembalikan ke sumber arus. Dengan demikian, pada permukaan anoda terjadi reaksi oksidasi terhadap anion.



Gambar 2.1 Sel Elektrolisis
Sumber : Richardson (2002:46)

Tabel 2.1 Deret Volta

Unsur	Energi Potensial E_o (V)
$\text{Li}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Li}(s)$	-3.0401
$\text{Cs}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Cs}(s)$	-3.026
$\text{Rb}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Rb}(s)$	-2.98
$\text{K}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{K}(s)$	-2.931
$\text{Ba}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Ba}(s)$	-2.899
$\text{Ca}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Ca}(s)$	-2.8
$\text{Na}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Na}(s)$	-2.71
$\text{Mg}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Mg}(s)$	-2.372
$\text{Ac}^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons \text{Ac}(s)$	-2.20
$\text{Be}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Be}(s)$	-1.85
$\text{U}^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons \text{U}(s)$	-1.66
$\text{Al}^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons \text{Al}(s)$	-1.66
$\text{Ti}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Ti}(s)$	-1.63
$\text{Zr}^{4+} + 4e^- \rightleftharpoons \text{Zr}(s)$	-1.45
$\text{Ti}^{4+} + 4e^- \rightleftharpoons \text{Ti}(s)$	-1.37
$\text{Mn}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Mn}(s)$	-1.185
$\text{V}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{V}(s)$	-1.13
$\text{Zn}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Zn}(s)$	-1.099
$\text{Cr}^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons \text{Cr}(s)$	-0.7618
$\text{Fe}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Fe}(s)$	-0.74
$\text{Cd}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cd}(s)$	-0.44
$\text{Co}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Co}(s)$	-0.40
$\text{Ni}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Ni}(s)$	-0.28
$\text{Sn}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Sn}(s)$	-0.25
$\text{Pb}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pb}(s)$	-0.13
$2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2(g)$	-0.13
$\text{Cu}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Cu}(s)$	0.0000
$\text{Ag}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}(s)$	+0.340
$\text{Pt}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pt}(s)$	+0.7996
$\text{Au}^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons \text{Au}(s)$	+1.188
$\text{Au}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Au}(s)$	+1.52

Sumber : Hartomo (2009 : 27)

Sifat – sifat dari deret Volta adalah :

1. Makin kecil (lebih negatif) harga E^0 suatu logam, makin kuat sifat reduktornya (makin kekiri letaknya dalam deret Volta).
2. Logam-logam di sebelah kiri H dalam deret Volta memiliki E^0 negatif, dan logam-logam di sebelah kanan H dalam deret Volta memiliki E^0 positif.

2.2 Elektrolit

Elektrolit adalah komposisi kimia yang akan terpisah menjadi ion-ion apabila dilarutkan dalam pelarut, hasil dari pemisahan ini berupa ion-ion yang menjadi penghantar listrik (Sukardjo, 1985 : 178). Fungsi dari elektrolit disini

adalah sebagai penghantar arus dan penambah ion logam pelapis. Daya hantar listrik larutan elektrolit bergantung pada jenis dan konsentrasinya. Macam-macam larutan elektrolit adalah diantaranya larutan asam, basa dan garam.

2.2.1 Elektrolit Asam

Elektrolit asam adalah elektrolit yang bila dilarutkan dalam air akan melepas ion (H^+). Elektrolit-elektrolit asam tersebut bila dilarutkan dalam pelarut (biasanya adalah air) maka akan terurai menjadi ion H^+ , contoh elektrolit asam diantaranya adalah asam sulfat (H_2SO_4), asam fosfat (H_3PO_4) dan asam klorida (HCL). Berdasarkan kandungan ion H^+ , elektrolit asam dapat dibagi tiga, yaitu asam monoprotik, asam diprotik, dan asam triprotik, seperti berikut penjelasannya:

1. Asam Monoprotik

Asam ini merupakan asam dengan molekul yang dapat menyumbangkan satu proton ke sebuah molekul air. Contoh asam monoprotik adalah HCL yang larut dalam air dengan reaksi sebagai berikut :



Asam klorida dalam konsentrasi menengah cukup stabil untuk disimpan dan terus mempertahankan konsentrasinya. Oleh karena alasan inilah, asam klorida merupakan reagen pengasam yang baik.

2. Asam Diprotik

Asam diprotik adalah asam dengan molekul yang dapat menyumbang dua proton ke dalam molekul air. Contoh asam diprotik adalah asam sulfat.

Asam sulfat memiliki sifat yang sangat korosif (merusak logam). Sering juga digunakan untuk membersihkan bekas-bekas kotoran ataupun lemak pada permukaan logam. Asam sulfat mengalami disosiasi dalam air melalui dua tahap :



Asam oksalat termasuk jenis asam dari senyawa organik yang dapat melepaskan ion H^+ dalam larutannya.

Pada proses *anodizing*, asam oksalat juga sering dipakai sebagai katalis atau biasa dipakai sebagai larutan penyangga yang bisa mempertahankan

ion H^+ dari larutan asam utama tidak mudah menguap ke udara sehingga secara alamiah derajat keasaman juga bisa dipertahankan dan akan mempercepat reaksi pada *hard anodizing* dengan suhu yang relatif lebih tinggi .

Beberapa informasi dan sifat-sifat dari asam oksalat dapat dilihat pada tabel 2.2 :

Tabel 2.2 Informasi dan Beberapa Sifat Dari Larutan Asam Oksalat

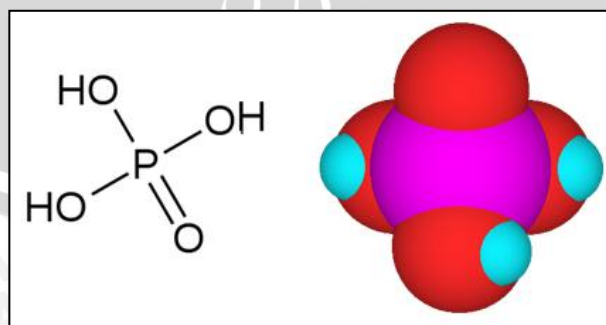
Informasi dan Sifat-sifat	
Densitas	1,90 g/cm ³
Kelarutan dalam air	9,5 g/100 ml (15 ⁰ C)
	14,3 g/100 ml (25 ⁰ C)
	120 g/100 ml (100 ⁰ C)
Titik didih	101 - 102 ⁰ C
Rumus Molekul	H ₂ C ₂ O ₄
Wujud	Kristal Putih

Sumber : Anonymous 1 (2012)

3. Asam Triprotik

Asam triprotik adalah asam dengan molekul yang dapat menyumbang tiga proton ke sebuah molekul air. Salah satu contoh asam triprotik adalah asam fosfat. Asam fosfat (H₃PO₄) merupakan salah satu asam yang dapat digunakan dalam proses *anodizing*.

Molekul dari asam fosfat ini terdiri dari tiga atom hidrogen, satu atom fosfor dan empat atom oksigen seperti yang terlihat pada gambar 2.2 berikut :



Gambar 2.2 Struktur molekul H₃PO₄

Sumber : Anonymous 2 (2012)

Asam fosfat merupakan asam yang mengalami disosiasi dalam air dalam tiga tahap :



Beberapa informasi dan sifat-sifat dari asam fosfat dapat dilihat pada tabel 2.3 :

Tabel 2.3 Informasi Dan Beberapa Sifat Dari Larutan Asam Fosfat

Informasi dan Sifat-sifat	
Densitas	1,68 g/cm ³
Massa Molar	42,35 ⁰ C
Titik didih	158 ⁰ C
Rumus Molekul	H ₃ PO ₄
Wujud	Cair

Sumber : Anonymous 3 (2012)

2.2.2 Elektrolit Basa

Elektrolit basa adalah elektrolit yang bila dilarutkan dalam air akan melepas ion (OH⁻). Contoh dari elektrolit basa adalah NaOH (*caustic soda*) apabila dilarutkan dalam air maka terurai menjadi ion Na⁺ dan ion OH⁻.

2.2.3 Elektrolit Garam

Elektrolit basa adalah elektrolit yang bila dilarutkan dalam air akan terbentuk ion-ion selain (H⁺) dan (OH⁻). Contoh dari elektrolit garam adalah NaCl apabila dilarutkan dalam air maka terurai menjadi ion Na⁺ dan ion Cl⁻.

2.3 Elektroda

Elektroda adalah sebuah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan sebuah bagian non-logam dari sebuah sirkuit misalnya semikonduktor, atau sebuah elektrolit (dalam Tri Atmojo, 2010). Kata ini diutamakan oleh ilmuwan Michael Faraday dari bahasa Yunani elektron (berarti amber, dan hodos sebuah cara). Pada percobaan *anodizing* ini, digunakan elektroda aluminium sebagai anoda dan katodanya adalah logam titanium. Sebuah elektroda dalam

sebuah elektrolisis ditunjuk sebagai sebuah anoda atau sebuah katoda, kata-kata yang juga diutamakan oleh Faraday. Anoda ini didefinisikan sebagai elektroda dimana elektron datang dari sel dan oksidasi terjadi dan katoda didefinisikan sebagai elektroda dimana elektron memasuki sel dan reduksi terjadi. Setiap elektroda dapat menjadi sebuah anoda atau katoda tergantung dari voltase yang diberikan ke sel. Sebuah elektroda bipolar adalah sebuah elektroda yang berfungsi sebagai anoda dari sebuah dan katoda bagi sel lainnya.

2.4 Reaksi Redoks

Reaksi redoks adalah reaksi kimia yang melibatkan dua konsep reaksi yang berlangsung secara bersamaan yaitu reaksi oksidasi dan reaksi reduksi. Reaksi oksidasi adalah reaksi yang berhubungan dengan peningkatan bilangan oksidasi dan reaksi reduksi adalah bilangan yang berhubungan dengan penurunan bilangan oksidasi. (N.V Parthasaradhy, 1989:25)

Ada sumber lain mengatakan bahwa reaksi redoks adalah suatu reaksi kimia yang melibatkan reaksi reduksi dan oksidasi yang terjadi secara serentak dalam suatu sel elektrokimia.

Reaksi Reduksi.

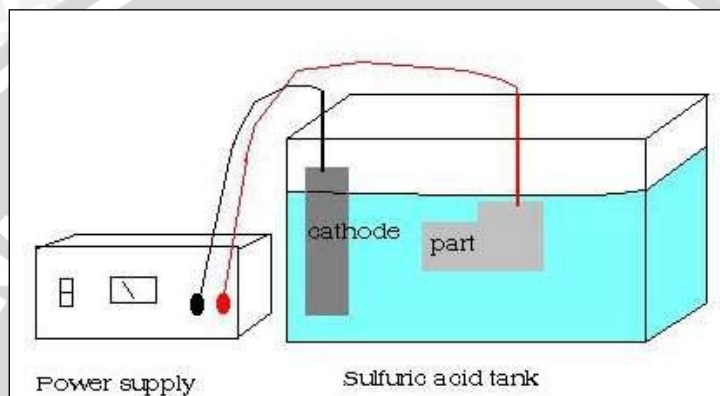
- Terjadi pengurangan (turunnya) bilangan oksidasi.
- Reaksi pengurangan oksigen.
- Pada sel elektrokimia, reduksi terjadi pada sel katoda.
- Terjadi peristiwa penangkapan elektron.
- Zat yang mengalami proses reduksi disebut oksidator.

a. Reaksi Oksidasi

- Terjadi penambahan bilangan oksidasi.
- Reaksi suatu zat dengan oksigen.
- Pada sel elektrokimia, oksidasi terjadi pada sel anoda.
- Terjadi peristiwa pelepasan elektron.
- Zat yang mengalami proses oksidasi disebut reduktor.

2.5 Pengertian dan Prinsip Anodizing

Anodizing adalah suatu proses elektrokimia yang berfungsi untuk memepertebal dan memperkeras lapisan oksida sebagai lapisan pelindung secara alami pada logam (Sato, 1997 : 20) . Dalam proses *anodizing* lapisan oksida dibentuk dan dikombinasikan dengan logam oleh aliran listrik yang melewati larutan dimana logam tersebut dicelupkan. Skema ilustrasi proses *anodizing* ditunjukkan pada gambar 2.3 berikut ini ;



Gambar 2.3 Skema Ilustrasi Proses Anodizing
Sumber : Anonymous 4 (2012)

Pada prinsipnya proses *anodizing* menghasilkan lapisan oksida yang terbentuk pada permukaan logam ketika arus searah dan *voltage* tertentu dialirkan pada larutan elektrolit. Lapisan logam aluminium hasil *anodizing* tersebut berupa alumina/aluminium oksida (Al_2O_3). Lapisan inilah yang akan menyebabkan logam memiliki ketahanan korosi dan keausan yang baik. Untuk proses lebih lanjut lapisan ini memungkinkan untuk dilakukan pewarnaan sehingga dapat memberikan penampilan yang lebih menarik. *Anodizing* bisa dilakukan pada tiga jenis larutan elektrolit, yaitu pada media elektrolit asam, garam dan basa.

Aplikasi dari *anodizing* pada aluminium antara lain adalah pada industri *automobile* seperti pembuatan piston dan roda gigi, komponen turbin kecepatan tinggi, konstruksi kapal laut, peralatan kedokteran/medis, kebutuhan desain interior arsitektural seperti bingkai jendela ataupun *cup* lampu, *casing* computer . Umumnya ada tiga macam tipe *anodizing*, yaitu :

1. *Chromic Acid Anodizing* (CAA)

Pada tipe ini larutan elektrolit yang digunakan adalah asam kromat (*chromic acid*) dan jika dibandingkan dengan yang lain lapisan oksida

yang dihasilkan pada tipe ini paling tipis. Menurut Albericci (1987), ketebalan yang dihasilkan pada *anodizing* tipe ini mencapai 4 μ m sampai 5 μ m. Keuntungan dari *Chromic Acid Anodizing* adalah memiliki ketahanan korosi yang baik pada lingkungan garam bila dibandingkan dengan *Sulfuric Acid Anodizing* untuk ketebalan lapisan oksida yang sama.

2. *Sulfuric Acid Anodizing* (SAA)

Sulfuric Acid Anodizing menggunakan asam sulfat sebagai larutannya. Pada *anodizing* tipe ini mampu dihasilkan lapisan oksida sampai 25 μ m. *Sulfuric Acid Anodizing* juga baik jika diberi pewarnaan dikarenakan lapisannya yang berpori. Selain itu *Sulfuric Acid Anodizing* memberikan ketahanan terhadap korosi yang sangat kuat. Tipe ini biasanya dipakai dalam kebutuhan arsitektur, *aerospace*, perusahaan otomotif dan komputer.

3. *Hard Coating Anodizing* (HCA)

Hard anodizing adalah jenis *anodizing* yang menghasilkan lapisan oksida yang lebih rapat dan tebal sehingga memiliki kekerasan dan ketahanan korosi yang lebih baik bila dibandingkan dengan jenis *anodizing* lainnya. Paduan aluminium yang perlu dihindarkan penggunaannya untuk proses *hard anodizing* adalah paduan aluminium yang memiliki kadar tembaga dan mangan yang tinggi, karena paduan ini jika dilakukan proses *hard anodizing* akan menghasilkan lapisan oksida yang kurang baik.

Larutan elektrolit yang umum digunakan adalah asam sulfat (H_2SO_4) dengan konsentrasi yang digunakan sebesar 10% - 20% berat. Kelarutan kembali aluminium oksida (peluruhan) meningkat dengan meningkatnya konsentrasi asam. Pada konsentrasi asam yang lebih tinggi berarti semakin besar konduktivitas arus. Apabila arus terkonsentrasi akan menyebabkan kenaikan temperatur, yang berakibat proses peluruhan. Salah satu modifikasi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas lapisan oksida pada *hard anodizing* adalah penambahan asam oksalat ($C_2H_2O_4$) dengan konsentrasi sebesar 0,5% - 1% pada larutan elektrolitnya. Lapisan oksida yang dihasilkan dari modifikasi diatas bersifat lebih tebal dan keras. Asam oksalat ini berperan untuk mengurangi kelarutan kembali lapisan oksida, sehingga lapisan oksida yang dihasilkan lebih tebal dan lebih keras

serta jumlah porositasnya lebih kecil. Arus listrik yang diberikan berkisar antara 2 A/dm^2 - 5 A/dm^2 dan menggunakan temperatur elektrolit -5°C sampai $+5^{\circ}\text{C}$. Rapat arus yang rendah biasanya untuk lapisan oksida yang tipis dan digunakan pada tipe *anodizing* biasa, sedangkan rapat arus yang tinggi untuk mendapatkan lapisan oksida yang tebal dan digunakan pada *hard anodizing*. Besar potensial berkisar 20 – 100 V. Besar potensial yang diberikan akan meningkat dengan semakin kecilnya konsentrasi asam dan temperatur elektrolit karena penghantaran arus. Untuk Al murni, paduan Al-Zn, paduan Al-Zn-Cu memerlukan potensial yang lebih rendah. Sedangkan untuk Al-Si, Al-Cu-Mg, dan Al-Mg, memerlukan potensial yang lebih besar. Temperatur kerja larutan elektrolit *hard anodizing* adalah sekitar -5 sampai $+5^{\circ}\text{C}$ pada metode *continuous*, tetapi dengan metode *pulse* temperatur dapat $\pm 10^{\circ}\text{C}$. Hal yang mempengaruhi peluruhan adalah temperatur. Lapisan oksida yang terbentuk pada temperatur rendah akan lebih keras karena porositas lapisan kecil atau lapisan padat, lapisan dengan porositas kecil didapat karena proses peluruhan yang lambat daripada proses pembentukan lapisan oksida. Pengaturan temperatur larutan elektrolit sangat penting karena kelarutan aluminium oksida akan bertambah dengan naiknya temperatur larutan elektrolit.

Berdasarkan sumber arus listrik yang digunakan *anodizing* dibagi menjadi dua tipe, yaitu DC *anodizing* dan AC *anodizing* (Sato, 1997:30)

1. AC *anodizing*

Arus bolak-balik digunakan pada proses *anodizing* tipe ini. Pelapisan dengan *anodizing* tipe ini bertujuan untuk memperoleh hasil pelapisan dan juga kekerasan yang rendah. Aplikasi *anodizing* tipe ini adalah pada pembuatan *aluminium foil*.

2. DC *anodizing*

DC *anodizing* adalah *anodizing* yang dilakukan menggunakan arus searah, Karena kutub positif selalu berada pada benda kerja maka proses *anodizing* tipe ini memerlukan waktu yang lebih singkat apabila dibandingkan dengan tipe AC *anodizing* dalam proses pembentukan lapisan oksida. DC *anodizing* dapat dilakukan dengan dua metode yaitu :

a. *Continuous anodizing*

Continuous anodizing adalah jenis *anodizing* yang paling sering dilakukan. Pada *continuous anodizing* besar arus yang dialirkan selama proses *anodizing* dijaga konstan.

b. *Pulse Anodizing*

Pulse anodizing adalah jenis *anodizing* yang dilakukan dengan memberikan rapat arus naik turun secara periodik. *Pulse anodizing* ini dilakukan dengan merubah rapat arus yang diberikan secara tepat.

2.6 Lapisan yang Terbentuk pada Proses *Anodizing*

2.6.1 *Aluminium Oxide Film* (Film Oksida Aluminium)

Lapisan film oksida dapat terbentuk pada logam-logam tertentu, seperti aluminium, niobium, tantalum, titanium, tungsten, zirconium. Lapisan ini terbentuk saat logam-logam tersebut mengalami sebuah proses elektrokimia yaitu *anodizing*. Dari proses ini akan didapatkan lapisan film oksida yang memiliki ketebalan, densitas dan perkembangan *porous* yang sangat bervariasi, bergantung pada jenis logam yang dipakai.

Untuk logam aluminium, lapisan oksida yang terbentuk adalah lapisan yang unik. Karena logam aluminium dapat membentuk lapisan oksida yang lebih tebal dan mengandung densitas *porous* yang lebih tinggi. Hal ini terjadi karena aluminium lebih mudah teroksidasi daripada logam jenis lain.

Tipe dari lapisan film oksida.

Lapisan oksida yang terbentuk di atas permukaan logam aluminium hasil *anodizing* digolongkan menjadi dua jenis yaitu :

1. Lapisan film oksida tipe penghalang (*Barrier-type oxide film*)

Bila aluminium dianodisasi pada larutan netral ($5 < \text{pH} < 7$) seperti pada larutan yang dibentuk melalui pencampuran antara *boric acid* dan *ammonium borate*, *tertrate* dan *ammonium tertraborate* dalam larutan *ethylene glycol*. Kemampuan larutan ini untuk melarutkan oksida aluminium sangat lemah, sehingga terbentuklah lapisan film oksida tipe *barrier* pada permukaan aluminium.

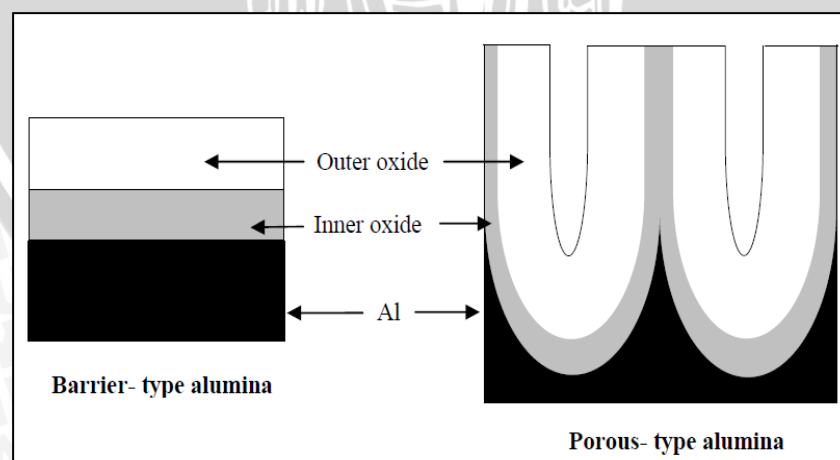
Ketebalan dari film oksida tipe *barrier* dipengaruhi oleh tegangan saat proses *anodizing* berlangsung. Jika aluminium dianodisasi pada tegangan yang tinggi, maka akan terbentuk lapisan film oksida *barrier* yang tebal.

Tetapi, bagaimanapun juga tidak mungkin melakukan *anodizing* pada tegangan yang sangat tinggi, karena batas maksimum pemberian tegangan adalah 500 V – 700 V. Bila tegangan yang diberikan lebih tinggi dari nilai tersebut, maka akan terjadi percikan bunga api pada permukaan aluminium dan lapisan oksida tidak bisa terbentuk.

2. Lapisan film oksida tipe pori (*Porous-type oxide film*)

Apabila aluminium dianodisasi dalam larutan asam, maka akan terbentuk lapisan oksida tipe pori (*porous-type oxide film*). Lapisan film oksida tipe ini disebut juga lapisan film bertingkat (*duplex film*) Perlu diperhatikan bahwa lapisan film oksida tipe *porous* (*porous oxide film*) dan lapisan oksida *porous* (*porous layer*) harus dibedakan, begitu juga lapisan film oksida tipe *barrier* (*barrier oxide film*) dan lapisan oksida *barrier* (*barrier layer*).

Walaupun berbeda, namun tiap-tiap tipe mengandung lapisan oksida dalam (*inner oxide*) dan lapisan oksida luar (*outer oxide*). Pada gambar 2.4, *Inner oxide* yang mengandung alumina (Al_2O_3) murni terbentuk karena reaksi antara oksida dan logam, Sedangkan *outer oxide* yang mengandung alumina yang masih terkontaminasi logam anionnya, terbentuk karena reaksi antara oksida dan larutan elektrolit.



Gambar 2.4 Dua Tipe Lapisan Oksida Yang Terbentuk Pada Proses *Anodizing* Aluminium

Sumber : Anonymous 5 (2012:4)

2.6.2 Pembentukan Lapisan Oksida

Jika arus searah mulai dijalankan pada sel *anodizing* seperti pada gambar 2.1 dengan larutan elektrolit asam sulfat maka katoda akan bermuatan negatif dan anoda akan bermuatan positif. Asam fosfat akan terurai menjadi kation 3H^+ dan ion PO_4^{3-} . Kation – kation H^+ akan bergerak menuju katoda dan di sisi lain akan dinetralkan oleh elektron – elektron katoda sehingga akan terbentuk gas H_2 .



Al pada anoda akan terurai menjadi ion Al^{3+} dan bergerak ke katoda.



Karena ion positif Al^{3+} tidak tereduksi pada katoda, reaksi yang terjadi :



Demikian juga pada ion PO_4^{3-} tidak teroksidasi pada anoda, reaksi diganti oleh :



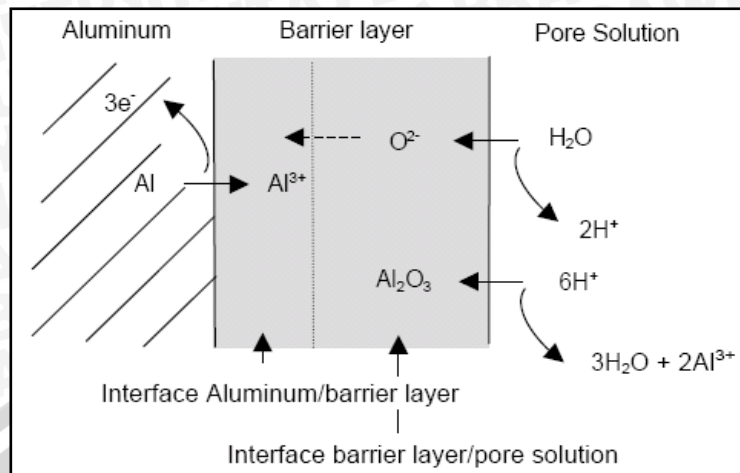
Pada permukaan anoda (antara logam dan lapisan barrier) gambar 6, terjadi reaksi antara ion Al^{3+} dengan oksida atau hidroksida untuk menghasilkan aluminium oksida (ion hidrogen akan terlepas menuju larutan dan membentuk gas H_2).



Sehingga didapatkan reaksi keseluruhan:

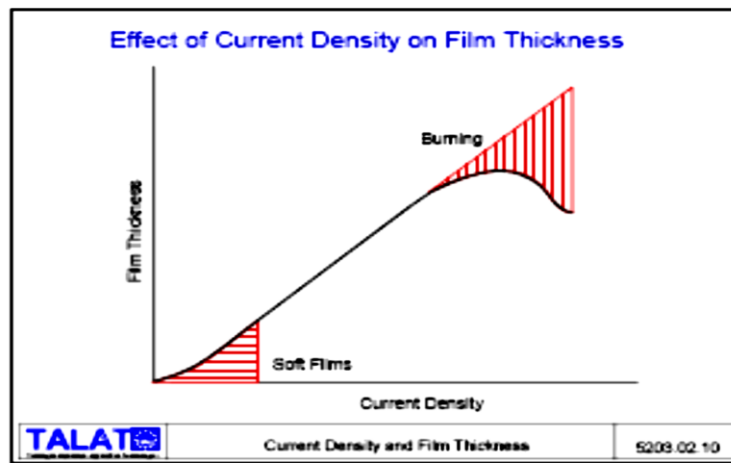


Ketebalan lapisan oksida yang dihasilkan dari proses *anodizing*, dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain, jenis larutan elektrolit, *current density*, durasi proses *anodizing*, dan lain – lain. Pada gambar 2.6 dijelaskan tentang pengaruh *current density* (rapat arus) terhadap pertumbuhan lapisan oksida dimana secara teori peningkatan ketebalan akan terjadi secara konstan sedangkan pada kenyataannya peningkatan ketebalan akan semakin berkurang, hal ini dipengaruhi oleh adanya peluruhan *local Joule's heating* yang disebabkan pemakaian *current density* yang terlalu besar.



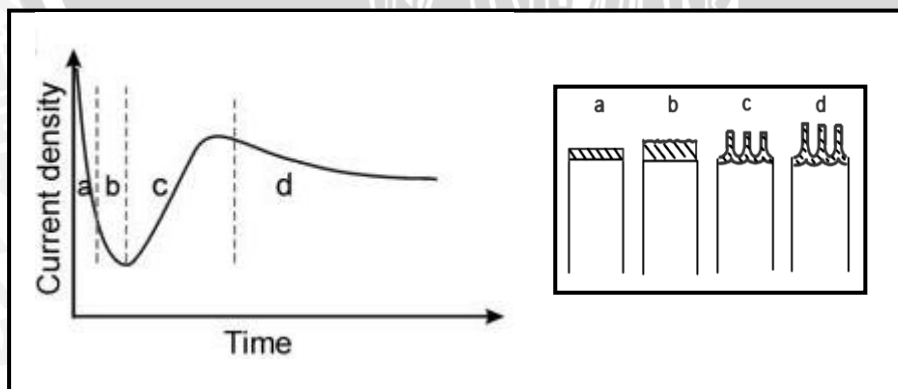
Gambar 2.5 Reaksi Pembentukan Lapisan Oksida

Sumber: Juhl, 2005: 5



Gambar 2.6 Grafik Perubahan Ketebalan Lapisan terhadap *Current Density*

Sumber: Gazzapo, 1994:12



Gambar 2.7 Mekanisme Pembentukan Lapisan Oksida

Sumber: Sulka, 2008: 29

Lapisan oksida yang terbentuk pada hasil *anodizing* dengan larutan elektrolit asam sulfat akan menghasilkan lapisan yang berpori seperti pada gambar di atas. Pada mulanya arus yang melewati elektroda aluminium tinggi karena hanya melewati logam aluminium. Kemudian arus mulai menurun karena *barrier* atau *non porous layer* yang rapat dan tipis terbentuk. Lapisan oksida yang terbentuk pada permukaan aluminium ini mempunyai hambatan yang lebih tinggi daripada aluminium sendiri (periode a). Lapisan oksida yang terbentuk menjadi lebih tebal oleh karena itu hambatan menjadi lebih tinggi yang menyebabkan arus terus menurun (periode b). Kecenderungan kurva keatas pada periode b berdasar pada lapisan oksida yang terbentuk akan kasar pada *barrier layer*. Aliran arus akan lebih terkonsentrasi pada permukaan yang lebih tipis, yang menyebabkan temperatur elektrolit meningkat sehingga terjadi peluruhan pada daerah ini. Peluruhan akan terus terjadi yang menyebabkan lapisan yang semakin tipis, ini menyebabkan resistansi didaerah ini lebih kecil yang menyebabkan arus akan meningkat (periode c). Pada tahap ini pembentukan lapisan *porous* oksida mulai terbentuk dan arus akan stabil, dimana kecepatan pembentukan dan peluruhan tetap atau stabil (periode d).

Proses peluruhan terjadi karena pemberian energi yang terlalu besar melebihi energi ikatan Al-O pada Al_2O_3 . Reaksi peluruhan yang terjadi adalah sebagai berikut:



Peluruhan yang terjadi ada dua, yaitu peluruhan secara kimia (*chemical dissolution*) dan peluruhan karena medan listrik yang terlalu besar dan terkonsentrasi (*field-assisted dissolution*). Peluruhan secara kimia karena tingkat keasaman dari elektrolit. Peluruhan karena medan listrik yang terkonsentrasi pada *barrier layer* menyebabkan kenaikan temperatur pada ketebalan lapisan yang lebih tipis sehingga memicu proses peluruhan, ini disebut *local Joule's heating*. Peluruhan karena medan listrik sangat besar, yaitu sekitar 300 nm lapisan oksida yang luruh setiap satu menit dan peluruhan secara kimia lebih lambat, yaitu sekitar 0,1 nm lapisan oksida yang luruh setiap satu menit (dalam Tri Atmojo, 2010).

2.6.3 Pengaruh Titanium Sebagai Katoda

Dalam instalasi *anodizing* yang memanfaatkan logam anoda dan katoda yang berbeda ini selain terjadinya pembentukan lapisan oksida dari logam anoda dimungkinkan juga terjadi reaksi pelapisan oleh logam katoda (Puippe, 2003:1). Banyak faktor yang dapat menyebabkan hal itu terjadi, dan salah satunya adalah karena sesuai deret volta berdasarkan energi potensial suatu logam bahwa semakin besar energi potensialnya maka makin besar pula sifat oksidatornya dan hal itu mengindikasikan bahwa ion-ion bermuatan yang mengandung unsur tersebut akan cenderung berpindah ke sisi elektroda yang memiliki energi potensial yang lebih kecil. Inilah yang menjadi alasan untuk terjadinya reaksi pelapisan pada instalasi *anodizing*.

Aluminium memiliki E_o sebesar **-1.66 (V)** dan titanium memiliki E_o sebesar **-1.37 (V)** jadi dipastikan ada sebagian ion – ion bermuatan dari logam titanium yang akan meloncat ke arah aluminium.

Asam fosfat akan terurai menjadi kation $3H^+$ dan ion PO_4^{3-} . Kation – kation H^+ akan bergerak menuju katoda dan di sisi lain akan dinetralkan oleh elektron – elektron yang ada sehingga akan terbentuk gas H_2 .



Ti pada katoda akan terurai karena pengaruh energi yang terpusat menjadi ion Ti^{4+} dan bergerak ke elektroda dengan potensial energi yang lebih rendah.



Kemudian terjadi reaksi yang terjadi pada logam katoda dan larutan elektrolit oleh energi listrik.



Sehingga terjadi reaksi antara logam katoda dengan larutan elektrolit.



Setelah itu terjadi proses peluruhan terjadi karena pemberian energi yang terlalu besar melebihi energi ikatan Ti-O pada TiO_2 . Reaksi peluruhan yang terjadi adalah sebagai berikut:



Ion – ion Ti^{4+} yang nantinya akan berpindah ke arah elektroda yang memiliki energi potensial lebih rendah daripada energi yang dimiliki unsur logam tersebut.

2.7 Current Density

Arus listrik adalah pergerakan muatan-muatan listrik. Sebenarnya yang bergerak adalah elektron-elektron dalam sebuah penghantar namun timbul asumsi bahwa arus listrik adalah pergerakan muatan listrik dari positif (+) ke negatif (-). Sedangkan tegangan listrik adalah beda potensial antara kutub positif (+) dengan negatif (-) (METALAST, 2000:2). Jika antara dua titik, diberi tegangan atau dibuat beda potensial maka akan mengalir arus listrik dari yang memiliki potensial lebih positif ke arah yang lebih negatif. Jadi intinya adalah arus listrik akan timbul jika ada beda potensial dari kedua kutub.

Secara garis besar, arus ada dua macam yaitu arus AC (*Alternating Current* atau bolak balik) dan DC (*Direct Current* atau searah). Perbedaan antara arus AC dan DC adalah jika arus AC mengalir secara bolak balik dari positif ke negatif. Sedangkan arus DC mengalir dari positif ke negatif secara kontinyu (tetap). Satuan arus listrik adalah Ampere, yang diartikan sebagai banyaknya muatan (Q) yang mengalir tiap satuan waktu (t).

$$i = \frac{Q}{t} \quad (2-20)$$

Dengan :

i = arus yang mengalir [*Ampere*]

Q = banyaknya muatan listrik [*Coulomb*]

t = waktu [*detik*]

Sementara berdasarkan hukum Ohm, arus listrik memiliki hubungan matematis dengan tegangan dan hambatan (Tripler : 2001)

$$V = i \times R \quad (2-21)$$

Dengan :

V = beda potensial (tegangan listrik) [*Voltage*]

i = arus listrik yang mengalir [*Ampere*]

R = hambatan [*Ohm*]

Pengaruh Rapat Arus pada *Anodizing* Asam fosfat

Current density atau kerapatan arus adalah arus yang mengalir per satuan luas permukaan. Satuan *current density* (J) adalah Ampere/dm². Rapat arus yang digunakan dalam proses *anodizing* biasanya berkisar antara 1-2 A/dm², namun pada *anodizing* asam fosfat bisa menggunakan arus 1-3 A/dm².

$$J = \frac{i}{A} \quad (2-22)$$

Dengan :

- J = *current density* [A/dm²]
 i = arus yang mengalir [Ampere]
 A = luas permukaan spesimen [dm²]

2.8 Aluminium

Aluminium merupakan material *nonferro* yang sangat banyak manfaatnya, Konfigurasi elektron dari aluminium berguna dalam memahami banyak sifat-sifatnya; 1s², 2s², 2p⁶, 3s², 3p¹ (Giles dan Donald, 1991:127). Aluminium memiliki tiga elektron valensi (3s², 3p¹) sehingga membentuk ion +3. Aluminium memiliki *ressitance corrosion* yang baik karena dapat membentuk lapisan oksida tipis yang sangat protektif bila terkena udara atau air. Reformasi film oksida terjadi dengan cepat dan spontan bila ada kerusakan yang disebabkan abrasi dari logam lain. Dengan demikian, permukaan aluminium selalu muncul seperti logam telanjang dan biasa dipergunakan sangat menarik. Titik leleh aluminium adalah 660°C. Aluminium memiliki struktur atom *faced centered cubic* (FCC). Jari-jari atom dari aluminium adalah 0,143µm. Kelebihan logam aluminium dibandingkan dengan logam *nonferro* lainnya yaitu ringan dengan berat jenis 2,7 gram/cm³ setelah magnesium (1,7 gram/cm³) dan Berilium (1,85 gram/cm³) atau sekitar 1/3 dari berat jenis besi maupun tembaga (Surdia, 1999:132), memiliki sifat konduktifitas listrik yang baik yaitu 60% konduktifitas listrik tembaga sehingga juga bisa dipakai untuk peralatan listrik. Selain itu juga memiliki sifat penghantar panas, memiliki sifat pantul sinar yang baik sehingga digunakan pula pada komponen mesin, *Heat Exchanger*, cermin pantul, komponen industri kimia, dan masih banyak lagi lainnya.

2.8.1 Sifat-sifat Aluminium

Berikut ini akan dijelaskan sifat-sifat aluminium baik secara fisik maupun mekanik.

a. Sifat-sifat fisik

Adapun sifat-sifat fisik dari aluminium bisa dilihat dalam tabel 2.4 berikut ini:

Tabel 2.4 Karakteristik Aluminium

Sifat – sifat Fisik Aluminium	Kemurnian Aluminium (%)	
	99.996	<99.99
Massa jenis (Gram/cm ³) (20 ⁰ C)	2,6989	2.71
Titik cair (°C)	660,2	653-657
Jenis Kristal	FCC	FCC

Sumber : Surdia (1999:134)

b. Sifat-sifat Mekanik

1. Ketahanan Aus

Ketahanan aus dari aluminium sangat jelek. Hal ini dapat diperkirakan dari harga batasa luluh dan kekerasan yang sangat rendah. Sifat ini dapat diperbaiki dengan pepaduan aluminium dengan logam lainnya seperti Cu.

2. Kekerasan

Aluminium murni mempunyai kandungan aluminium sebesar 99.99% dan memiliki kekerasan 17 BHN. Penambahan unsur paduan dan perlakuan panas menghasilkan paduan Al dengan kekerasan yang lebih tinggi.

3. Daya Hantar Panas

Aluminium mempunyai daya hantar panas yang baik. Pembuktiannya dapat ditunjukkan dengan cepatnya distribusi dari daerah yang temperaturnya tinggi ke daerah yang temperaturnya rendah.

4. Daya Hantar Listrik

Aluminium merupakan penghantar listrik yang baik, hal ini disebabkan aluminium memiliki daya hantar listrik 65% dari tembaga, sedangkan massa jenisnya kira-kira 1/3 dari massa jenis tembaga. Tetapi untuk keperluan ini aluminium harus dikondisikan semurni mungkin. Dalam hal ini dapat digunakan aluminium dengan kemurnian 99.0% atau diatasnya.

5. Ketahanan Korosi

Aluminium merupakan logam ringan yang memiliki ketahanan korosi yang sangat baik karena memiliki lapisan oksida aluminium (Al_2O_3) yang terbentuk pada permukaannya. Lapisan ini terbentuk pada permukaan aluminium ketika aluminium berkontaminasi dengan udara. Lapisan inilah yang melindungi aluminium dari korosi. Jika lapisan ini rusak, maka dengan sendirinya terbentuk lapisan film yang baru hasil reaksi dengan udara.

2.8.2 Klasifikasi Paduan Aluminium

Paduan aluminium diklasifikasikan dalam berbagai standar oleh berbagai negara di dunia. Saat ini klasifikasi yang umum digunakan adalah standar Aluminium *Association of America* (AA) yang didasarkan atas standar yang terdahulu dari Alcoa (*Aluminium Company of America*) (Surdia, 1999:135).

Paduan Aluminium berdasarkan cara pembuatannya yaitu :

1. Aluminium *wrongt alloy* (lembaran)

Paduan aluminium secara tempa/kasar ini merupakan paduan yang memerlukan pengerjaan lanjut.

2. Aluminium *casting alloy* (batang cor)

Paduan tuang biasanya digunakan untuk komponen-komponen yang tidak memerlukan pengerjaan lanjut.

Paduan tempaan dinyatakan dengan satu huruf atau dua huruf "S", sedangkan paduan coran dinyatakan dengan tiga huruf "S". Standar AA menggunakan penandaan dengan empat angka sebagai berikut:

1. Angka pertama menyatakan sistem paduan dengan unsur-unsur yang ditambahkan.

2. Angka kedua menyatakan kemurnian dalam paduan yang dimodifikasi dari aluminium murni.
3. Angka ketiga dan keempat dimaksudkan untuk tanda Alcoa terdahulu kecuali huruf S, sebagai contoh 3S sebagai 3003 dan 63S sebagai 6063.

Aluminium dapat diklasifikasikan menurut paduannya, sebagai berikut :

1. Jenis Al-murni (seri 1xxx)

Aluminium jenis ini kemurniannya 99,0% sampai dengan 99,99%. Memiliki sifat tahan karat, konduksi panas dan konduksi listrik yang baik serta mampu las dan mampu potong yang baik. Hal yang kurang menguntungkan adalah kekuatannya yang relatif rendah.

2. Jenis paduan Al-Cu (seri 2xxx)

Paduan Al-Cu adalah jenis yang dapat di-*heat treatment*, Sifat mekanik paduan ini dapat menyamai sifat dari baja lunak, tetapi ketahanan korosinya rendah bila dibandingkan dengan paduan yang lainnya. Sifat mampu lasnya juga kurang baik, karena itu paduan jenis ini biasanya digunakan untuk piston dan silinder head motor bakar.

3. Jenis paduan Al-Mn (seri 3xxx)

Paduan Al-Mn adalah jenis yang tidak dapat di *heat-treatment* sehingga untuk menaikkan kekuatannya hanya dapat diusahakan melalui pengerjaan dingin pada saat proses pembuatan. Sangat mudah untuk dibentuk, memiliki daya tahan korosi, mampu potong dan sifat mampu las yang baik. Kekuatan pada paduan jenis ini lebih unggul daripada Al murni. Banyak dipakai untuk pipa, tangki minyak.

4. Jenis paduan Al-Si (seri 4xxx)

Paduan Al-Si termasuk jenis aluminium yang tidak dapat di *heat-treatment*. Paduan jenis ini dalam keadaan cair mempunyai sifat mampu alir yang baik dan dalam proses pembekuannya hampir tidak terjadi retak. Selain itu paduan ini juga mudah ditempa, dan memiliki koefisien pemuaian panas yang rendah.

5. Jenis paduan Al-Mg (seri 5xxx)

Paduan Al-Mg termasuk paduan yang tidak dapat di *heat treatment*, tetapi memiliki daya tahan korosi yang baik, terutama korosi oleh air laut, dan dalam sifat mampu lasnya. Paduan aluminium jenis ini digunakan tidak

hanya dalam konstruksi umum, tetapi juga untuk tangki-tangki penyimpanan gas alam cair dan oksigen cair.

6. Jenis paduan Al-Mn dan Si (seri 6xxx)

Paduan aluminium dengan Mangan dan silikon ini relatif mudah untuk dibentuk. Paduan jenis ini memberikan sifat penguatan, kekuatan dan ketahanan korosi yang baik.

2.8.3 Aluminium Paduan Seri 6063

Aluminium tipe 6063 merupakan aluminium paduan yang *heat-treatable* yaitu aluminium paduan yang kekerasannya dapat ditingkatkan sampai tinggi melalui perlakuan panas (Grooves, 2002:2). Paduan ini juga dapat ditingkatkan kekerasannya sampai tinggi melalui *strain-hardening* (misal : *cold working*). Paduan *heat-treatable* selain kelompok Al-Mg-Si (6xxx) adalah aluminium jenis (2xxx) dan jenis Al-Zn (7xxx). Paduan *heat-treatable* umumnya digunakan untuk ekstrusi dan rangka-rangka konstruksi, piston, maupun silinder motor bakar. Tabel 2.5 merupakan tabel unsur pembentuk dan sifat beberapa aluminium paduan :

Tabel 2.5 Unsur Pembentuk dan Sifat Beberapa Aluminium Paduan

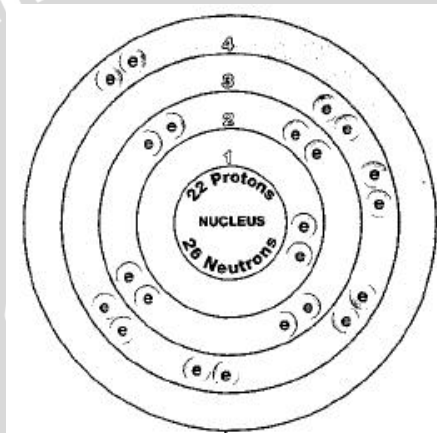
Alloy	Components	Characteristics	Anodizing suitability
Pure	99,99%	Soft, non-commercial	Excellent
6063	0.3 – 0.6% Si 0.35% Fe 0.45 – 0.9% Mg Balance Al	General purpose Extrusion	Good for general anodizing and colouring
5251	2% Mg Balance Al		Satisfactory
3203	1% Mn Trace Fe/Si as impurities Balance Al	Sheet Rolled	Not Recommended for anodizing

Sumber : Brace and Sheasby (2001:3)

Aluminium 6063 dinilai sangat memenuhi syarat dan layak digunakan untuk *hard anodizing* yang bertujuan untuk mendapatkan sifat permukaan yang lebih keras daripada logam induknya.

2.9 Titanium

Titanium dikenal sebagai logam transisi pada tabel periodik unsur dilambangkan dengan simbol Ti (Giles dan Donald, 1991:134). Logam ini tergolong ringan, dan berwarna perak keabu-abuan dengan nomor atom 22 dan berat atom $47,90 \text{ gram/cm}^3$. Jari-jari atom dari titanium adalah $0,145 \mu\text{m}$. Titanium memiliki struktur elektron berikut; $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 3d^2, 4s^2$. Titanium memiliki empat elektron valensi dan membentuk oksida sangat stabil (TiO_2).



Gambar 2.8 Struktur Atom Titanium

Sumber: Anonymous 6

Titanium seperti aluminium, aktif secara kimia dan juga membentuk film oksida yang sangat protektif. Akibatnya, titanium adalah salah satu logam dengan *resistance corrosion* yang baik dan sehingga sering digunakan dalam industri kimia. Karena titanium sangat reaktif, sulit untuk mendapatkan logam yang murni sehingga banyak ditemukan dalam bentuk TiO_2 . Titik leleh titanium adalah 1670°C . Titanium berstruktur *Hexagonal Closed Packaged* (HCP). Titanium memiliki titik lebur sekitar 3032°F (1.667°C) dan titik didih 5.948°F (3.287°C). Logam Ti memiliki ketahanan korosi yang sangat baik dan kekuatan tinggi untuk perbandingan berat. Titanium adalah logam yang paling berlimpah keempat yakni sekitar 0,62% dari kerak bumi namun menjadi mahal karena sulit untuk mengisolasi. Para produsen terkemuka dari titanium konsentrat termasuk Australia, Kanada, Cina, India, Norwegia, Afrika Selatan, dan Ukraina. Aplikasi

dari titanium dan paduannya sangat banyak. Industri *aerospace* adalah pengguna terbesar produk titanium karena dinilai memiliki kekuatan tinggi untuk perbandingan berat dan pada suhu tinggi. Penggunaannya biasanya untuk bagian-bagian pesawat yang membutuhkan sifat tahan aus dan tahan korosi yang baik. Hal tersebut juga menjadikan titanium berguna untuk komponen mesin turbin gas. Sedangkan di bidang industri. Dipakai pada beberapa mesin pemindah panas (*heat exchanger*) dan bejana bertekanan tinggi serta pipa-pipa tahan korosi memakai bahan titanium. Titanium digunakan dalam produksi implan manusia karena memiliki kompatibilitas yang baik dengan tubuh manusia. Salah satu penggunaan yang terakhir yang paling menonjol dari titanium yang ada di hati buatan pertama ditanamkan pada manusia pada tahun 2001. Kegunaan lain dari titanium dalam penggantian pinggul, alat pacu jantung, siku dan sendi pinggul.

Keunggulan logam titanium adalah sebagai berikut :

- Salah satu karakteristik Titanium yang paling terkenal adalah bahwa logam ini sama kuat dengan baja tapi hanya 60% dari berat baja.
- Tahan suhu tinggi. Ketika temperatur pemakaian melebihi 150 °C maka dibutuhkan titanium karena aluminium akan kehilangan kekuatannya secara nyata.
- Tahan korosi. Ketahanan korosi titanium lebih tinggi daripada aluminium dan baja.
- Dengan rasio berat-kekuatan yang lebih rendah daripada aluminium, maka komponen-komponen yang terbuat dari titanium membutuhkan ruang yang lebih sedikit dibanding aluminium.
- Strukturnya stabil pada temperatur tinggi sehingga memiliki ketahanan panas yang baik

2.10 Pengujian Laju Keausan

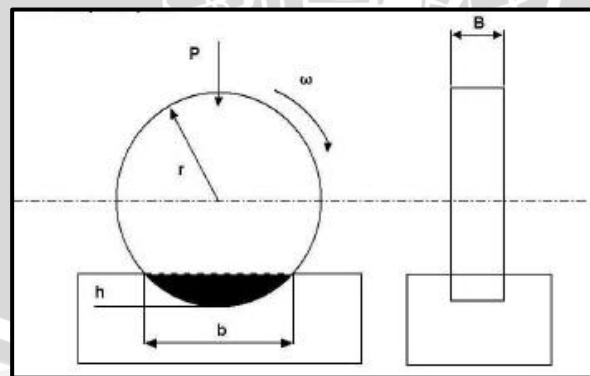
Keausan adalah suatu proses hilangnya material dari satu atau dua permukaan padat yang mengalami kontak antar permukaan akibat gerakan relatif yang berupa geseran (*sliding*) atau gelinding (*rolling*) Hilangnya material tersebut biasanya berlangsung sangat lambat tetapi berlangsung terus-menerus (Utomo,2008).

Laju keausan dinyatakan sebagai total berat kehilangan dalam satu satuan waktu, sedangkan ketahanan aus merupakan suatu fungsi terbalik dari laju ketahanan aus

Pengujian keausan dilakukan dengan mesin *ogoshi*, dimana benda uji memperoleh beban gesek dari cincin yang berputar (*revolving disc*) sesuai dengan parameter tertentu seperti kecepatan, jarak luncur dan pembebanan. Pembebanan ini akan menghasilkan kontak antar permukaan yang berulang-ulang yang pada akhirnya akan mengambil sebagian material pada permukaan benda uji. Besarnya jejak permukaan dari material tergesek itulah yang dijadikan dasar penentuan tingkat keausan pada material. (Instruction Manual, 2012)



Gambar 2.9 *Ogoshi Testing Machine MFG. CO., LTD Heater*
Sumber: Utomo, 2008 : 60



Gambar 2.10 Abrasi dengan *Revolving Disc*
Sumber: Instruction Manual of Ogoshi Machine, 2008: 3

$$W = \frac{B.b^3}{12r} \quad (2-23)$$

Dengan ;

- B = Tebal *revolving disc* (mm)
 r = Jari-jari *disc* (mm)
 b = Lebar celah material yang terabrasi (mm)
 W = Volume material terabrasi (mm³)

Nilai W kemudian digunakan untuk menghitung nilai V (Laju ke ausan material) dengan menggunakan rumus :

$$V = \frac{W}{x} = \frac{B.b^3}{12r.x} \times \gamma \quad (2-24)$$

Dengan ;

- V = Laju Keausan
 γ = Berat Jenis Aluminium (gr/mm³)
 X = Kostanta Jarak luncur

2.11 Pengujian Ketebalan Lapisan Oksida

Untuk menghitung tebal lapisan oksida dapat menggunakan rumus :

$$V = \frac{m_a - m_b}{\gamma} \left[\frac{g}{g/cm^3} \right] \quad (2-25)$$

Dengan :

- m_a = berat awal sebelum proses anodizing [g]
 m_b = berat akhir sesudah proses anodizing [g]
 γ = berat jenis aluminium [g/cm³]
 V = volume lapisan oksida [cm³]

Dari rumus (2-25) maka didapatkan rumus sebagai berikut :

$$T = \frac{V}{L_s} \left[\frac{cm^3}{cm^2} \right] \quad (2-26)$$

Dengan :

- V = volume lapisan oksida [cm³]
 L_s = luas selimut [cm²]
 T = tebal lapisan oksida [μm]

Namun pengujian ketebalan lapisan oksida dilakukan dengan *Thickness Coating Gauge* dimana untuk mengukur ketebalan lapisan oksida tanpa memerlukan akses ke kedua sisi potongan benda uji (Anonymous 7). Alat ini merupakan sebuah pengukur ketebalan ultrasonik untuk pengujian non-destruktif. Alat ukur bekerja dengan menentukan ketebalan sampel dan mengukur jumlah waktu yang diperlukan suara untuk melintasi dari transduser melalui materi ke ujung belakang bagian, dan kemudian mengukur waktu yang dibutuhkan untuk refleksi kembali ke transduser. Pengukur ketebalan ultrasonik kemudian menghitung data berdasarkan kecepatan suara melalui sampel diuji. Pengukur ketebalan pertama ultrasonik ini dibuat oleh Werner Sobek, seorang insinyur Polandia dari Katowice. Ini akan dilakukan pada tahun 1967. Sebuah jenis tertentu dari transduser, yang dikenal sebagai piezoelektrik, yang memancarkan gelombang suara dan menggunakan frekuensi standar yang telah ditentukan, yakni 5MHz. Alat ini memungkinkan untuk pengguna bahkan relatif pemula untuk memperoleh pengukuran yang efektif dan akurat.

2.12 Pengujian Kekerasan

Kekerasan (Hardness) adalah salah satu sifat mekanik (*mechanical properties*) dari suatu material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami gesekan (*frictional force*) dan deformasi plastis. Deformasi plastis sendiri suatu keadaan dari suatu material ketika material tersebut diberikan gaya maka struktur mikro dari material tersebut sudah tidak bisa kembali ke bentuk asal artinya material tersebut tidak dapat kembali ke bentuknya semula. Lebih ringkasnya kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (Anonymous 8).

Di dalam aplikasi manufaktur, material dilakukan pengujian dengan dua pertimbangan yaitu untuk mengetahui karakteristik suatu material baru dan melihat mutu untuk memastikan suatu material memiliki spesifikasi kualitas tertentu. Di dunia teknik, umumnya pengujian kekerasan menggunakan 4 macam metode pengujian kekerasan, yakni :

1. Brinell (HB / BHN)

Pengujian kekerasan dengan metode Brinell bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap bola baja (identor) yang ditekan pada permukaan material uji tersebut (spesimen). Identor (Bola baja) biasanya telah dikeraskan dan diplating ataupun terbuat dari bahan Karbida Tungsten.

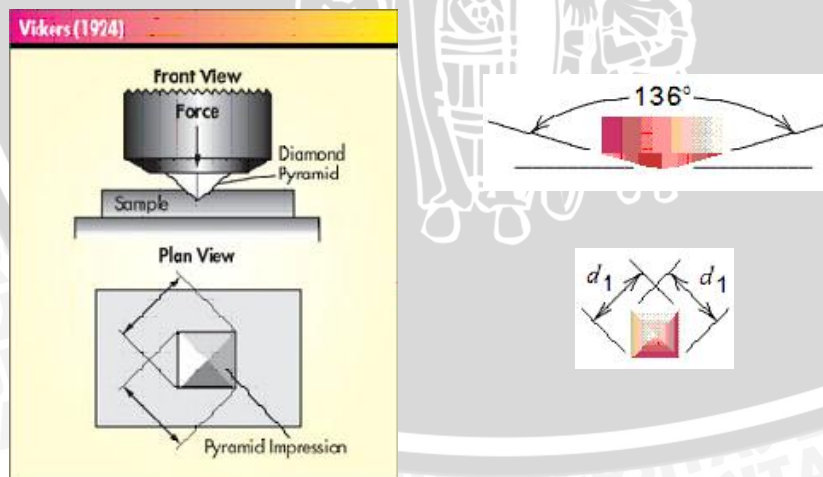
2. Rockwell (HR / RHN)

Pengujian kekerasan dengan metode Rockwell bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap indentor berupa bola baja ataupun kerucut intan yang ditekan pada permukaan material uji tersebut.

3. Vickers (HV / VHN)

Pengujian kekerasan dengan metode Vickers bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam yaitu daya tahan material terhadap indentor intan yang cukup kecil dan mempunyai bentuk geometri berbentuk piramid seperti ditunjukkan pada gambar.

Angka kekerasan Vickers (HV) didefinisikan sebagai hasil bagi (koefisien) dari beban uji (F) dengan luas permukaan bekas luka tekan (injakan) dari indentor (diagonalnya) (A) yang dikalikan dengan $\sin(136^\circ/2)$.



Gambar 2.11 Mekanisme Pengujian Vickers

Sumber: Anonymous 8

Rumus untuk menentukan besarnya nilai kekerasan dengan metode *vickers* dapat dilihat pada persamaan – persamaan di bawah ini :

$$HV = \frac{F}{A} \times \sin \frac{136^\circ}{2} \quad (2-27)$$

$$HV = \frac{F \cdot \sin \frac{136^\circ}{2}}{\frac{d^2}{2}} \quad (2-28)$$

$$HV = 1,854 \frac{F}{d^2} \quad (2-29)$$

Dengan,

HV = Angka kekerasan Vickers

F = Beban (kgf)

d = Diagonal (mm)

4. Micro Hardness (*knoop hardness*)

Mikrohardness test tahu sering disebut dengan *knoop hardness* testing merupakan pengujian yang cocok untuk pengujian material yang nilai kekerasannya rendah. *Knoop* biasanya digunakan untuk mengukur material yang getas seperti keramik

2.13 Hipotesa

Dengan bertambahnya jarak anoda katoda serta berkurangnya *current density* mengakibatkan ketebalan lapisan oksida yang terbentuk semakin tipis maka akan berpengaruh pada semakin kecilnya nilai kekerasan sehingga mengakibatkan semakin tingginya laju keausan pada suatu spesimen.