

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian *Anodizing*

Anodizing merupakan proses pelapisan oksida dengan cara elektrolisis untuk melapisi permukaan logam yang bersifat melindungi dari lingkungan sekitar. Dari definisi tersebut dapat diketahui bahwa prinsip dasar proses *anodizing* adalah elektrolisis. Pada proses ini komponen yang terpenting ini adalah elektroda dan elektrolit dimana pada proses *anodizing* katoda merupakan kutub negatif dan anoda merupakan kutub positif. Proses *anodizing* juga dapat digunakan untuk memperindah tampilan logam. Contoh hasil *anodizing* ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 : Produk Sebelum di *Anodizing* dan Produk Setelah *Anodizing*
Sumber : Mahmud, 2012

2.1.1 Macam-Macam jenis *Anodizing*

Berdasarkan jenis elektrolitnya *anodizing* dibagi menjadi 3 macam, yaitu *Chromic acid anodizing*, *Sulfuric acid anodizing* dan *hard anodizing*

a. *Chromic Acid Anodizing*

Pada tipe ini larutan elektrolit di buat dengan melarutkan asam ke dalam air dengan perbandingan asam 50 – 100 gr/liter CrO_3 , keuntungan dari proses ini antara lain CrO_3 sedikit lebih kuat dibandingkan dengan H_2SO_4 . Pada proses ini warna yang di hasilkan *chromic acid anodizing* dapat berubah jika ditamba komposisi paduan yang berbeda-beda.

b. *Sulfuric Acid Anodizing*

Pada prinsipnya proses ini sama dengan *chromic acid anodizing*, perbedaannya terletak pada larutan elektrolit yang digunakan adalah asam sulfur dengan kadar 12% sampai 20% dari berat keseluruhan elektrolit. Pada proses *sulfuric acid anodizing* juga baik diberi pewarna dikarenakan lapisannya yang berpori. Tipe ini biasanya digunakan dalam kebutuhan asitektur, dan perusahaan otomotif.

c. *Hard anodizing*

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. Larutan elektrolit yang umum digunakan adalah asam sulfat (H_2SO_4) dengan perbandingan 10% sampai 20% dari total berat elektrolit keseluruhan. 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% sampai 1% pada larutan elektrolit. 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.

Perbedaan pertama antara proses *hard anodizing* dengan *anodizing* lainnya adalah temperatur operasi dan kerapatan arusnya. Lapisan yang dihasilkan oleh *hard anodizing* lebih tebal dari pada *anodizing* konvensional dengan waktu yang sama. Arus listrik yang diberikan berkisar antara $2 A/dm^2$ - $5 A/dm^2$. 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 biasanya digunakan pada *hard anodizing*. Besar potensial berkisar 15 – 100 V. Temperatur kerja larutan elektrolit *hard anodizing* adalah sekitar $2^{\circ}C$ sampai $6^{\circ}C$, hal ini berfungsi agar tidak terjadinya panas yang berlebihan yang di akibatkan pemusatan arus listrik. Lapisan oksida yang terbentuk pada temperatur rendah akan lebih keras karena porositas lapisan kecil atau lapisan padat, lapisan dengan porositas yang kecil didapat dengan proses peluruhan yang lambat, pada proses pembentukan lapisan oksida.

Selain itu *Anodizing* juga dapat diklasifikasikan menjadi 2 macam, berdasarkan sumber arus yang digunakan, yaitu:

1. AC Anodizing

AC anodizing adalah anodizing yang menggunakan arus bolak-balik (*alternating current*). Proses pembentukan oksida pada AC anodizing lebih lambat dari pada DC anodizing. Hal ini disebabkan karena polaritas positif dan negatif power supply bergantian secara cepat. Anodizing tipe ini sering digunakan dengan tujuan memperoleh hasil pelapisan dengan kekerasan yang rendah.

2. DC Anodizing

DC Anodizing adalah anodizing dengan menggunakan arus searah (*direct current*). Proses pembentukan oksida pada DC anodizing lebih cepat daripada AC anodizing. Hal ini disebabkan karena power supply / Rectifier yang bekerja menggunakan arus satu arah. Anodizing tipe ini sering digunakan dengan tujuan untuk memperoleh hasil pelapisan dengan kekerasan yang tinggi. DC anodizing dapat dilakukan dengan dua metode yakni *continuous anodizing* dan *pulse anodizing* :

a. Continuous Anodizing

Continuous anodizing adalah jenis anodizing yang dilakukan dengan besar arus yang dialirkan secara konstan selama proses anodizing.

b. Pulse Anodizing

Pulse anodizing adalah jenis anodizing yang dilakukan dengan rapat arus terputus-putus secara periodik. Tujuannya adalah untuk menjaga temperatur agar tetap konstan.

Proses anodizing berbeda dengan *electroplating*, pada *electroplating* benda kerja di letakan pada katoda sedangkan pada proses anodizing benda kerja di letakan pada anoda, dimana pada anoda benda kerja akan bereaksi dengan oksigen dan beroksidasi sehingga akan terbentuk lapisan oksida pada anoda.

2.2 Macam-macam pre-treatment

Untuk mendapatkan benda kerja yang baik dilakukan proses *pre-treatment* untuk mempersiapkan permukaan benda kerja sebelum dilakukan proses anodizing. Proses *pre-treatment* tersebut antara lain:

1. Degreasing

Degreasing adalah langkah pertama yang dilakukan dalam proses *pre-treatment*, dimana tujuan dari proses Degreasing ini adalah untuk menghilangkan minyak atau lemak yang terdapat pada permukaan aluminium.

2. *Etching*

Etching dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan lapisan oksida murni yang terdapat pada permukaan aluminium

3. *Desmuting*

Desmuting adalah proses pembersihan bercak - bercak hitam yang diakibatkan oleh proses *Etching*.

4. *Rinsing*

Rinsing adalah proses pembersihan aluminium setelah *pre-treatment* (*Degreasing*, *Etching*, *Desmuting*) dengan menggunakan air murni (*destilated water*). Tujuan dari proses *Rinsing* ini adalah untuk menghilangkan sisa-sisa zat kimia yang terbawa dari proses sebelumnya. Setelah itu aluminium siap untuk proses *anodizing*.

5. *Sealing*

Proses *Sealing* merupakan tahap paling akhir dalam *anodizing* yang bertujuan untuk Meningkatkan ketahanan *korosi* lapisan oksida yang terbentuk pada permukaan aluminium dan meningkatkan kerataan warna dari lapisan oksida yang diwarnai. *Sealing* biasanya dilakukan dengan cara meletakkan spesimen pada uap air selama 5 menit.

6. *Drying*

Drying adalah proses pengeringan benda kerja setelah proses *Sealing*. *Drying* dilakukan dengan cara mengusap benda kerja dengan kain yang halus dan meletakkannya pada tempat yang kering.

2.3 Aluminium

Aluminium ditemukan oleh Sir Humphrey Davy pada tahun 1809 sebagai suatu unsur, dan pertama kali direduksi sebagai logam oleh H. C. Oersted pada tahun 1825. Secara industry tahun 1886, Paul Heroult di perancis dan C. M. Hall di Amerika Serikat secara terpisah telah memperoleh logam aluminium dan alumina dengan cara elektrolis dari garamnya yang terdifusi. Sampai sekarang proses Heroult Hall masih dipakai untuk produksi aluminium. Penggunaan aluminium sebagai logam di setiap tahunnya menduduki urutan kedua setelah besi dan baja, yang tertinggi di antara logam non ferro. Prouksi aluminium tahunan di dunia mencapai 15 juta ton per tahun pada tahun 1981. (Surdia, Tata. 1992:129)

Aluminium tahan terhadap korosi karena fenomena pasivasi. Pasivasi adalah pembentukan lapisan pelindung akibat reaksi logam terhadap udara sehingga lapisan tersebut melindungi aluminium dari korosi.

Aluminium merupakan konduktor panas dan elektrik yang baik. Jika dibandingkan dengan massanya aluminium memiliki keunggulan dibandingkan dengan tembaga, aluminium murni tidak memiliki unsur apapun selain aluminium itu sendiri, namun aluminium murni yang di jual di pasaran tidak pernah mengandung 100% aluminium melainkan selalu ada pengotor yang terkandung di dalamnya. Selain itu aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik, hantaran listrik yang baik dan sifat-sifat baik lainnya sebagai sifat logam. Kekuatan mekanik aluminium akan meningkat dengan penambahan CU, Mg, Si, Mn, Zn dan lain-lainnya secara satu persatu atau bersama-sama akan memberikan sifat-sifat yang baik antara lainnya ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien muainya rendah dan sebagainya. Aluminium banyak dipergunakan dalam bidang yang luas bukan saja untuk peralatan rumah tangga tetapi juga dipakai untuk keperluan industri seperti pesawat terbang, mobil, kapal laut dan konstruksi lainnya. Gambar dan sifat-sifat aluminium di tunjukan pada gambar 2.2 dan table 2.1.



Gambar 2.2 : Aluminium

Sumber : CV Bangkit Jaya Sejahtera, Tangerang, Jakarta, Indonesia 2012

Tabel 2.1 Sifat Fisik Aluminium murni (99.996 %)

Nama, Simbol, dan Nomor	Aluminium, Al, 13
Wujud	Padat
Konfigurasi elektron	2,8,3
Struktur kristal	face-centered cubic
Massa jenis (20 °C)	2,6989 kg/m ³
Titik cair	660,2 °C
Panas jenis (100°C)	0,2226 cal/g . °C
Hantaran listrik (%)	64,94
Koefisien pemuaian (25°C)	23,1 µm/m K
Kekuatan tarik	11,6 kg/mm ²
Kekuatan mulur	11,0 kg/mm ²
Perpanjangan (%)	5,5
Kekerasan brinell	27

Sumber: (Surdia, Tata. 1992:134)

Paduan aluminium diklasifikasikan dalam berbagai standar oleh berbagai Negara di dunia. Salah satu standar yang terkenal adalah Aluminium Association di Amerika (AA). Standarisasi aluminium dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Standar Paduan Aluminium :

Standar AA	Komposisi Paduan
1001	Aluminium murni 99,5% atau di atasnya
2010 - 2029	Cu merupakan unsur paduan utama
3003 - 3009	Mn merupakan unsur paduan utama
4030 - 4039	Si merupakan unsur paduan utama
5050 - 5086	Mg merupakan unsur paduan utama
6061 - 6069	Mg, Si merupakan unsur paduan utama
7070 - 7079	Zn merupakan unsur paduan utama

Sumber : (Surdia, Tata. 1992:135)

Tabel diatas dapat dijelaskan pada penjelasan berikut:

1. 1XXX (Al-murni)

Aluminium jenis ini kemurniannya 99,0% hingga 99,9% dengan aplikasi di bidang kelistrikan. Aluminium jenis ini mempunyai sifat tahan karat, konduksi panas dan konduksi listrik yang baik serta mampu las yang baik. Namun, kekuatannya relatif rendah.

2. 2XXX (Al-Cu)

Paduan dengan unsur paduan Cu atau tembaga ini adalah jenis *heat treatable*. Sifat mekanik paduan ini dapat menyamai sifat dari baja lunak, tetapi daya tahan terhadap korosinya rendah bila dibandingkan dengan paduan lainnya.

3. 3XXX (Al-Mn)

Mn merupakan unsur yang memperkuat Al tanpa mengurangi ketahanan korosi sehingga biasanya digunakan untuk membuat paduan yang tahan terhadap korosi. Paduan jenis ini sangat mudah untuk dibentuk, mempunyai sifat mampu las dan mampu potong yang baik. Dari segi kekuatan, paduan jenis ini lebih unggul dari pada Al murni.

4. 3XXX (Al-Si)

Paduan jenis ini dalam keadaan cair mempunyai sifat mampu alir yang baik dan dalam proses pembekuannya hampir tidak terjadi terak. Selain itu paduan ini juga mudah ditempa, dan memiliki koefisien pemuaian panas yang rendah.

5. 5XXX (Al-Mg)

Paduan Al-Mg termasuk paduan yang tidak dapat di *heat treatment*, tetapi mempunyai daya tahan korosi yang baik, terutama korosi oleh air laut. Selain itu paduan jenis ini mempunyai sifat mampu las dan potong yang baik. Sehingga pada pengaplikasiannya sering digunakan untuk tangki-tangki penyimpanan gas alam cair dan oksigen cair.

6. 6XXX (Al-Mg-Si)

Aluminium dengan Al-Mg-Si adalah aluminium paduan jenis ini mengandung magnesium dan silikon yang paling dominan sebagai paduannya yaitu sekitar 0,8%. Dengan karakteristik ketangguhan yang baik dan paduan yang *heat treatable*, maka aluminium paduan seri 6061 merupakan paduan yang paling luas pemakaiannya pada seri 6xxx. Aluminium paduan tipe 6061 juga mempunyai sifat mampu bentuk yang baik dan memiliki sifat tahan korosi. Selain pada kendaraan bermotor, paduan ini biasanya digunakan sebagai bahan untuk pembuatan sayap pada industri pesawat terbang. Berikut adalah table 2.3 kandungan dari aluminium paduan tipe 6061.

Tabel 2.3 Kandungan Aluminium Paduan tipe 6061 T651

Unsur	Jumlah (%)
Silikon (Si)	0.68
Magnesium (Mg)	1.01
Copper (Cu)	0.21
Zinc (Zn)	0.06
Titanium (Ti)	0.08
Manganes (Mn)	0.06
Kromium (Cr)	0.05
Aluminium	Balance

Sumber : PT. Sutindo Surabaya

7. 7XXX (Al-Zn)

Unsur utama dalam paduan ini adalah Zn. Biasanya ke dalam paduan pokok Al-Zn ditambahkan unsur Mg, Cu, dan Cr. Kekuatan tariknya mampu mencapai 50 N/mm². Paduan ini merupakan paduan yang mempunyai kekuatan tertinggi diantaranya paduan aluminium lainnya dan banyak digunakan pada konstruksi pesawat terbang.

Pada aluminium tempa, seri 1xxx digunakan untuk aluminium murni. Digit kedua dari seri tersebut menunjukkan komposisi aluminium dengan limit pengotor alamiahnya, sedangkan dua digit terakhir menunjukkan *persentase* minimum dari aluminium tersebut. Digit pertama pada seri 2xxx sampai 7xxx menunjukkan kelompok paduannya berdasarkan unsur yang memiliki persentase komposisi terbesar dalam paduan.

Digit kedua menunjukkan modifikasi dari unsur paduannya, jika digit kedua bernilai 0 maka paduan tersebut murni terdiri dari aluminium dan unsur paduan. Jika nilainya 1 sampai 9, maka paduan tersebut memiliki modifikasi dengan unsure lainnya. Dua angka terakhir untuk seri 2xxx – 7xxx tidak memiliki arti khusus, hanya untuk membedakan paduan aluminium tersebut dalam kelompoknya.

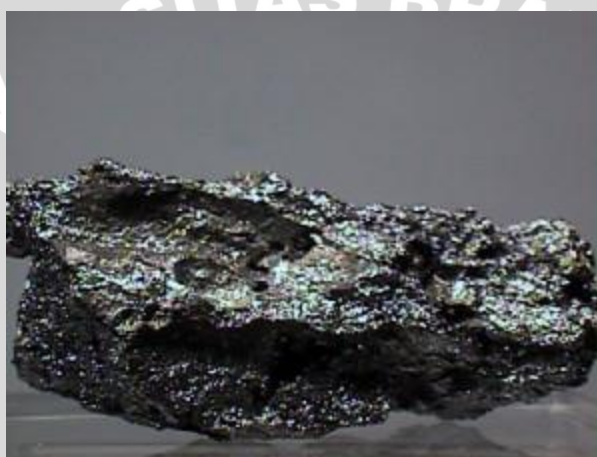
2.4 Titanium

Titanium adalah sebuah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki simbol Ti dan nomor atom 22. Dia merupakan logam transisi yang ringan, kuat, berkilau, tahan *korosi* (termasuk tahan terhadap air laut) dengan ciri-ciri warna putih-metalik-keperakan. Titanium memiliki berbagai keunggulan diantaranya:

- a. Memiliki kekuatan yang hamper sama dengan baja tetapi hanya memiliki 60% dari berat baja

- b. Kekuatan leleh nya lebih tinggi dari pada aluminium
- c. Tahan terhadap suhu yang tinggi karena titik lebur titanium adalah 1668 °C
- d. Ketahanan korosi titanium lebih tinggi dari pada baja dan aluminium

Pada suhu ruangan titanium memiliki struktur Kristal heksagonal dengan 22 elektron dengan urutan penyusunan $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$ dan memiliki massa jenis 4,51 g/cm³ serta memiliki *ultimate tensile strengths* sekitar 63.000 psi, artinya kekuatan ini sebanding dengan baja namun 45% lebih ringan. Massa titanium 1,6 kali lebih besar dari aluminium tetapi dua kali lebih kuat dari aluminium (lindu taufany, 2008). Gambar titanium dapat dilihat pada gambar 2.3



Gambar 2.3 : Titanium

Sumber : PT Logam Indonesia, Kelapa Gading, Jakarta Utara 14240, Indonesia.

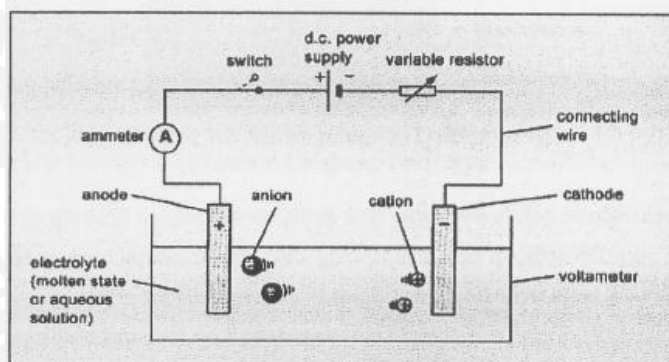
Selain itu titanium juga mempunyai massa jenis yang rendah, tahan temperature tinggi, tahan karat dan memiliki sifat *biokompatibilitas* yang tinggi dengan tubuh sehingga bisa digunakan sebagai implant di tubuh

2.5 Elektrolisis dan Reaksi Redoks

Elektrolisis adalah sel tempat dimana berlangsungnya peristiwa reaksi kimia yang melibatkan arus listrik yang disebut dengan sel elektrokimia. Sel elektrokimia berdasarkan energinya dapat dibedakan menjadi 2, yaitu :

- a. Sel galvanik (*galvanic cell*), yang merubah reaksi kimia (reaksi redoks) menjadi energi listrik. Aplikasi terdapat pada baterai dan *Accumulator*.
- b. Sel elektrolitik (*electrolytic cell*), yang menggunakan energi listrik sebagai sumber energi untuk berlangsungnya reaksi kimia (reaksi redoks). Proses yang terjadi dalam sel elektrolitik disebut elektrolisis. Proses elektrolisis menjadi dasar terjadinya proses elektroplating dan proses *anodizing*.

contoh bentuk rangkainan elektrolisis terdapat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 : Skema Proses Elektrolisis
 Sumber : Wicaksono (2007, 10)

Cara kerja sel elektrolisis yang terdapat pada gambar 2.4.

1. Sumber arus mengalirkan elektron dari anoda ke katoda. Elektron ini ditangkap oleh kation (ion positif) pada larutan elektrolit sehingga pada permukaan katoda terjadi reduksi.
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.

Reaksi redoks (reduksi dan oksidasi) dapat ditinjau dari penangkapan dan pelepasan elektron atau pengurangan dan penambahan bilangan oksidasi. Bilangan oksidasi adalah bilangan yang menunjukkan kecenderungan suatu atom bermuatan positif atau negatif di dalam senyawa dalam suatu elektrolit. Pada reaksi redoks terjadi beberapa fenomena, yaitu:

Reaksi oksidasi adalah :	Reaksi reduksi adalah :
1. Peristiwa pelepasan elektron.	1. Peristiwa penangkapan elektron.
2. Terjadi pertambahan (naiknya) bilangan oksidasi.	2. Terjadi pengurangan (turunnya) bilangan oksidasi.
3. Pada sel elektrolitik oksidasi terjadi di anoda.	3. Pada sel elektrolitik reduksi terjadi di katoda.
4. Zat yang mengalami proses oksidasi disebut reduktor.	4. Zat yang mengalami proses reduksi disebut oksidator.
5. Reaksi suatu zat dengan oksigen.	5. Reaksi pengurangan oksigen.



2.6 Deret Volta

Deretan Volta merupakan deretan unsur logam yang disusun berurutan berdasarkan potensial reduksi standarnya (E°). Semakin ke atas letak unsur logam tersebut maka sifat logam itu akan semakin mudah mengalami reduksi alias atau sulit mengalami oksidasi. Demikian pula jika semakin ke bawah letak suatu unsur logam dapat dikatakan logam-logam tersebut semakin mudah mengalami oksidasi atau sulit mengalami reduksi. Berikut ini adalah tabel 2.5 Deret Volta:

Table 2.4 deret Volta

unsur	Energi Potensial E_0 (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
$\text{Mn}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Mn}(s)$	-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

Sumber : Hartomo (2009 : 27)

2.7 Elektroda

Elektroda adalah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan bagian atau media non-logam dari sebuah sirkuit (misal semikonduktor atau elektrolit). Elektroda dalam sel elektrokimia dapat disebut sebagai anoda atau katoda. Anoda didefinisikan sebagai elektroda di mana elektron datang dari sel elektrokimia, dan katoda didefinisikan sebagai elektroda di mana elektron memasuki sel elektrokimia.

Elektroda bisa berupa logam maupun penghantar listrik pada sel elektrokimia. Arus listrik mengalir berlawanan dengan arah pergerakan elektron. Pada proses elektrokimia, baik sel galvanik (baterai) maupun sel elektrolisis,

Kebalikan dari anoda, katoda adalah kutub elektroda dalam sel elektrokimia, kutub ini bermuatan positif (sehingga arus listrik akan mengalir keluar darinya, atau gerakan elektron akan masuk ke kutub ini). Contoh salah satu katoda seperti gambar 2.4 di bawah ini.

2.8 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. Fungsi dari larutan 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.

Elektrolit sering diklasifikasikan berdasarkan kemampuannya dalam menghantarkan arus listrik. Yaitu elektrolit asam, basa kuat dan elektrolit garam. Sebagai berikut:

2.8.1 Elektrolit Asam (*Acid Electrolyte*)

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.

a. Asam Monoprotik

Asam ini merupakan asam dengan molekul yang dapat menyumbangkan satu proton ke sebuah molekul air. Contoh asam monoprotik adalah HNO_3 .

b. Asam Diprotik

Asam diprotik adalah asam dengan molekul yang dapat menyumbang dua proton ke dalam molekul air. Contoh asam diprotik adalah asam sulfat (H_2SO_4). Asam sulfat memiliki sifat yang sangat *korosif* (merusak logam). Sering juga digunakan untuk membersihkan bekas-bekas kotoran ataupun lemak pada permukaan logam.

c. 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 (H_3PO_4). Asam fosfat merupakan salah satu asam yang dapat digunakan dalam proses *anodizing*.

2.8.2 Elektrolit Basa (*bases electrolyte*)

Adalah elektrolit yang bila dilarutkan dalam air akan melepas ion (OH^-). Contoh dari elektrolit alkali adalah NaOH (*Caustic soda*) apabila dilarutkan dalam air maka terurai menjadi ion Na^+ dan ion OH^- .

2.8.3 Elektrolit Garam (*salts electrolyte*)

Adalah elektrolit yang bila dilarutkan dalam air akan terbentuk ion – ion selain H^+ dan ion OH^- . Contoh elektrolit garam adalah natrium klorida (NaCl). Apabila dilarutkan dalam air maka akan terurai menjadi ion Na^+ dan ion Cl^- .

2.9 Lapisan Yang Terbentuk Pada *Anodizing*

2.9.1 Aluminium Oxide Film (Film Oksida Aluminium)

Lapisan film logam oksida dapat terbentuk pada logam-logam tertentu, seperti aluminium, niobium, tantalum dan titanium. Lapisan tersebut terbentuk pada saat logam-logam tersebut mengalami proses elektrokimia atau sering disebut *anodizing*, ketebalan lapisan film oksida tergantung pada logam yang digunakan pada proses *anodizing*.

Jika arus searah mulai dijalankan pada sel *anodizing* dengan larutan elektrolit asam fosfat maka katoda akan bermuatan negatif dan anoda akan bermuatan positif maka akan terjadi reaksi kimia berikut:



Kemudian H_2O hasil ionisasi dari H_3PO_4 mengalami reaksi dan menjadi :



Setelah larutan elektrolit mengalami proses ionisasi dan tiap zat terurai menjadi seperti diatas, maka pada proses selanjutnya yg mengalami reaksi adalah pada anoda yang mana terjadi pada aluminium 6061. Pada anoda terjadi reaksi redoks sebagai berikut :



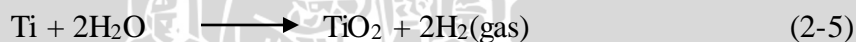
Kemudian dari reaksi ionisasi H_3PO_4 diatas yang menghasilkan O_2^- yang dimanfaatkan oleh ion aluminium untuk membentuk lapisan oksida pada permukaan dengan reaksi sebagai berikut :



Pada tahap berikutnya setelah lapisan oksida pada aluminium maka energi ionisasi digunakan untuk melepaskan ikatan pada titanium yang posisinya sebagai katoda pada proses. Pada titanium terjadi proses reduksi dengan proses sebagai berikut :



Dapat dilihat pada reaksi diatas dihasilkan atom atom Ti yang mana selanjutnya atom ini bereaksi dengan H_2O hasil dari ionisasi H_3PO_4 . Hasil dari reaksi ini adalah pembentukan titanium dioksida dengan proses sebagai berikut :



Hasil dari proses diatas adalah TiO_2 atau yang disebut juga titanium dioksida. TiO_2 ini yang nantinya akan menempel pada permukaan aluminium 6061 dan dapat meningkatkan sifat mekanik dari aluminium tersebut.

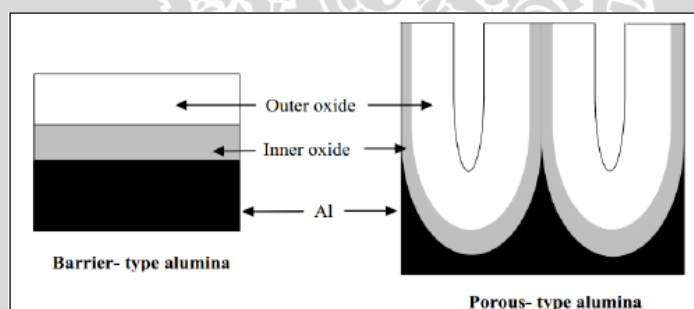
1. Lapisan Film Oksidasi Tipe Penghalang (*Barrier Type Oxide Film*)

Ketebalan film dari tipe barrier sangat di pengaruhi oleh tegangan yang diberikan saat proses *anodizing* berlangsung, semakin tinggi tegangan yang diberikan maka lapisan yang terbentuk semakin tebal, akan tetapi pemberian tegangan pada *anodizing* ada batasan dan apabila melewati batasan tersebut akan mengakibatkan timbulnya percikan api pada permukaan aluminium yang di *anodizing* sehingga lapisan oksida tidak dapat terbentuk.

2. Lapisan Film Oksida Tipe Pori (*Porous Type Oxide Film*)

Apabila aluminium dianodisasi dalam larutan asam, maka lapisan yang terbentuk adalah lapisan tipe pori atau *porous type oxide film*. Lapisan ini disebut juga dengan lapisan bertingkat (*duplex film*). Tiap-tiap tipe mengandung lapisan oksida dalam (*inner oxide*) dan lapisan luar (*outer oxide*). *Inner oxide* yang mengandung alumina (Al_2O_3) murni terbentuk karena reaksi antara oksida dan logam. Sedangkan *outer oxide* yang mengandung alumina yang terkontaminasi logam anionnya, terbentuk karena reaksi antara oksida dan larutan elektrolit.

Terdapat beberapa perbedaan pada lapisan tipe penghalang (*barrier type oxide film*) dan tipe lapisan pori (*porous oxide film*) dimana pada tipe penghalang permukaan hasil *anodizing* rata dan tidak berpori, sedangkan pada tipe pori permukaan hasil dari *anodizing* dan permukaan aluminium dasarnya membentuk pori-pori yang beraturan dengan ruangan kosong di tengahnya ini disebabkan Elektrolit yang digunakan adalah elektrolit asam, berikut adalah gambar tipe lapisan penghalang dan tipe lapisan pori ditunjukkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.5 : Anodic Oxide Layer
Sumber : Sipayung (2008:13)

2.10 Pengujian Ketebalan Lapisan

Pengujian ketebalan lapisan digunakan untuk mengetahui seberapa besar ketebalan oksida yang terbentuk setelah proses *hard anodizing*, untuk mengetahui ketebalan lapisan oksida yang terbentuk digunakan alat ukur Thickness Coating Gauge Ultrasonic. Prinsip kerja alat ini menggunakan gelombang ultrasonik. Pengukur ketebalan lapisan mengukur kecepatan gelombang yang dipancarkan dalam sampel tes tertentu, kemudian dihitung ketebalan dalam mikrometer dari kecepatan ini pengukuran dengan persamaan matematis yang diterapkan. Ada dua jenis transduser yang dapat digunakan pada Thickness Coating Gauge Ultrasonic. Sensor ini adalah sensor piezoelectric dan

EMAT. Kedua jenis transduser memancarkan gelombang suara. Biasanya transduser menggunakan frekuensi yang telah ditentukan frekuensi standar yang digunakan oleh pengukur ketebalan ultrasonik adalah 5MHz.

2.11 Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan merupakan ketidakrataan permukaan yang berupa kawah kecil atau guratan yang nantinya akan menjadi takikan tempat terjadinya konsentrasi tegangan. Ketidakteraturan konfigurasi suatu permukaan bila ditinjau dari profilnya dapat diuraikan menjadi beberapa macam diantaranya :

1. Kekasaran / *roughness* (*Micro roughness*)

Bentuk naik turunnya permukaan dari pendeknya gelombang yang ditandai seperti bukit dan lembah dengan bermacam-macam jarak dan amplitudo. Ilustrasi kekasaran dapat dilihat pada gambar 2.6



Gambar 2.6 Kekasaran Permukaan
Sumber: *kurniawan, 2010*

2. Gelombang / *waviness* (*macroroughness*)

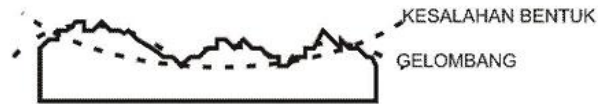
Ketidakteraturan periodik dengan panjang gelombang yang jelas lebih besar daripada kedalamannya. Ilustrasi gelombang dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Gelombang / *waviness*
Sumber: *kurniawan, 2010*

3. Kesalahan bentuk (*error of form*)

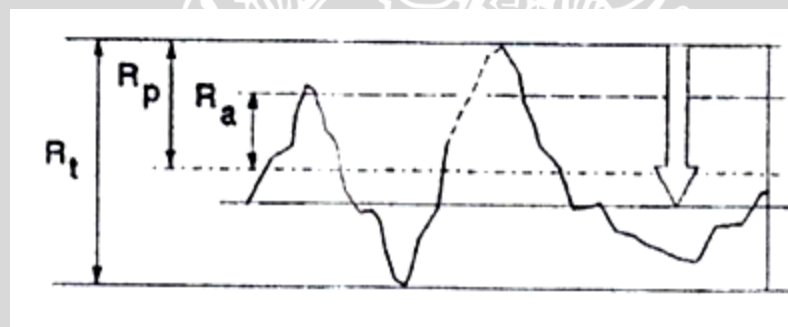
Ketidakteraturan makrogeometri atau penyimpangan pada kekasaran dan *waviness*, yang disebabkan terutama oleh kesalahan pada proses permesinan, dan deformasi akibat stress pola komponen. Ilustrasi kesalahan bentuk dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Kesalahan bentuk (*error of form*)
Sumber: kurniawan, 2010

2.11.1 Parameter permukaan

- Untuk analisa profil arah tegak
 - a. Kekasaran total (*peak to valley height / total height*), R_t adalah jarak profil referensi dan profil dasar.
 - b. Kekasaran perataan (*depth of surface smoothness/peak to mean linear*), R_p adalah jarak rata-rata antara profil referensi dengan profil terukur. R_p ini juga sama dengan jarak antara profil referensi dengan profil tengah.
 - c. Kekasaran aritmetris (*mean roughness index / centerline average*), R_a adalah harga rata-rata aritmetis dari harga absolut jarak antara profil terukur dengan profil tengah.



Gambar 2.9 : Analisa profil dalam bentuk tegak
Sumber: kurniawan, 2010

2.11.2 Uji Kekasaran Permukaan

Pengujian kekasaran permukaan menggunakan prinsip tribologi yaitu bahwa permukaan benda padat mempunyai profil yang tidak rata (tonjolan, puncak, dan lembah yang dapat diukur. Sebelum melakukan pengujian alat uji harus di kalibrasi terlebih dahulu agar mendapatkan hasil yang maksimal, jarum peraba (*sylus*) dari alat ukur halus digerakkan mengikuti lintasan profil permukaan yang berupa garis lurus dengan jarak yang telah ditentukan terlebih dahulu, sesaat setelah jarum bergerak dan sesaat sebelum jarum berhenti maka secara elektronik alat ukur melakukan perhitungan berdasarkan data

yang dideteksi oleh jarum peraba. Profil permukaan apabila diukur memberikan amplitudo dan dengan tribologi diperoleh harga aritmetis rata-rata (R_a). Didalam pengukuran kecepatan *stylus* (*down speed*) dan jarak lintasan *sylus* ditentukan lebih dahulu sebelum alat dioperasikan.

2.12 Hipotesa

Berdasarkan tinjauan pustaka maka dapat diambil hipotesa bahwa dengan semakin tingginya tegangan dan kuat arus listrik yang di gunakan maka akan menyebabkan ketebalan lapisan oksida pada permukaan aluminium semakin meningkat pula, sehingga menyebabkan kekasaran permukaan aluminium 6061 meningkat.

