

yang dikenal dengan nama pelapisan logam (plating) atau (surface treatment), adalah suatu perlakuan permukaan untuk melapisi permukaan logam agar tampilan logam yang lebih menarik, bertekstur dan berwarna, serta tahan terhadap gesekan permukaan. Pada rekayasa material, proses anodizing sering diaplikasikan pada bahan aluminium. Hal ini sangat dimungkinkan mengingat karakteristik logam aluminium yang memiliki berat jenis cukup ringan ( $2,70 \text{ gr/cm}^3$ ), mudah di bentuk dan tahan terhadap korosi (Hutasoit, 2008).

Proses anodizing dapat digunakan sebagai salah satu cara untuk meningkatkan kekerasan aluminium, dimana proses anodizing itu sendiri adalah proses pembentukan lapisan oksida pada logam dengan cara mengkorosikan suatu logam terutama aluminium dengan oksigen ( $\text{O}_2$ ) yang diambil dari larutan elektrolit asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) yang digunakan sebagai media, sehingga membentuk lapisan oksida (Santhiarsa, N.N., 2009). Kelebihan dari proses anodizing yaitu dapat menghasilkan lapisan oksida yang memiliki nilai kekerasan lebih tinggi dibandingkan dengan logam induknya.

Anodizing mampu meningkatkan ketebalan lapisan oksida aluminium sehingga dapat meningkatkan kekerasan aluminium. Dari beberapa penelitian diatas, maka dapat disimpulkan bahwa tegangan listrik sangat berpengaruh pada proses anodizing. Semakin tinggi tegangan listrik yang digunakan, maka kekerasan permukaan dan ketebalan lapisan oksida akan semakin meningkat. Namun, pengaruh tegangan listrik terhadap kekerasan rata-rata permukaan terhadap ketebalan lapisan oksida pada aluminium yang berbeda menunjukkan hasil pengujian yang berbeda-beda. Hal itu diduga karena komposisi paduan

aluminiumnya tidak sama, yang kemungkinan besar berpengaruh terhadap perbedaan hasil penelitian tersebut.

## **2.2 Dasar Teori**

### **2.2.1 Definisi Anodizing**

Anodizing merupakan proses anodisasi yaitu proses pembentukan lapisan oksida pada logam dengan cara bereaksikan atau mengkorosikan suatu logam terutama aluminium dengan oksigen ( $O_2$ ) yang diambil dari larutan elektrolit yang digunakan sebagai media, sehingga terbentuk lapisan oksida. Proses ini juga disebut sebagai anodic oxidation yang prinsipnya hampir sama dengan proses pelapisan dengan cara listrik (elektroplating). Pengertian lain dari anodizing adalah proses pelapisan secara elektrolisis yang merubah aluminium menjadi aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) pada permukaan yang akan dilapisi. Dari definisi tersebut dapat diketahui bahwa prinsip dasar proses anodizing adalah elektrolisis. Proses elektrolisis merupakan peristiwa berlangsungnya reaksi kimia oleh arus listrik. Komponen yang terpenting dari proses elektrolisis adalah elektroda dan elektrolit. Pada proses elektrolisis, katoda merupakan kutub negatif (sebagai penghantar benda kerja) dan anoda merupakan kutub positif (sebagai benda kerja). Karakteristik dalam lapisan anodizing menghasilkan suatu lapisan tipis oksida yang baik terhadap logam dasarnya.

### 2.2.2 Klasifikasi anodizing

Adapun komponen utama yang ada dalam proses anodizing adalah sebagai berikut:

#### 1. Elektroda

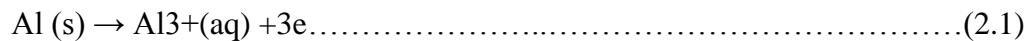
Elektroda adalah sebuah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan bagian non-logam dari sebuah rangkaian listrik, ditemukan oleh Michael Faraday dari bahasa Yunani elektron. Pada percobaan anodizing ini, digunakan elektron aluminium sebagai anoda sedangkan katodanya adalah timbal (Pb). Sebuah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

#### 2. Elektrolit

Elektrolit sering diklasifikasikan berdasarkan kemampuannya dalam menghantarkan arus listrik. Elektrolit yang dapat menghantarkan dengan baik digolongkan ke dalam elektrolit kuat, contohnya yaitu asam klorida (HCl), asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), dan asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ). Selain elektrolit kuat, ada pula golongan elektrolit lemah seperti asam cuka encer ( $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ ), aluminium hidroksida, kalium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ).

#### 3. Elektrolisa

Elektrolisa benda kerja yang berupa aluminium pada proses anodizing berlaku sebagai anoda dengan dihubungkan pada kutub positif satu daya. Logam aluminium akan berubah menjadi ion aluminium yang larut dalam larutan asam, seperti dijelaskan pada persamaan 2.1



Jumlah zat yang bereaksi pada elektroda sel elektrolis berbanding lurus dengan jumlah tegangan yang melalui sel tersebut, jika jumlah tegangan tertentu yang mengalir melalui beberapa elektrolisis. Maka akan dihasilkan jumlah ekuivalen masing-masing zat. Hukum Faraday ini dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan seperti dijelaskan pada persamaan 2.1

$$n = \frac{i \cdot t}{F \cdot z} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana : n : jumlah zat (mol)

i : arus listrik (ampere)

F: tetapan Faraday (1 Faraday = 96485 coulomb/mol)

z : jumlah elektron yang ditransfer per ion

Mengingat, massa zat adalah perkalian massa atom (AR) dengan mol atom maka dari persamaan diatas bisa dimodifikasi pada 2.3, 2.4, dan 2.5

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

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

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

Untuk aluminium,

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

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

### 2.2.3 Aluminium

Aluminium merupakan unsur non ferrous yang paling banyak terdapat di bumi. Aluminium merupakan logam yang mempunyai sifat ringan, tahan korosi, penghantar listrik dan panas yang baik, serta mudah dibentuk. Paduan aluminium dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu aluminium wrought alloy (lembaran) dan aluminium casting alloy (batang cor). Aluminium (99,99%) memiliki berat jenis sebesar 2,7 g/cm<sup>3</sup>, densitas 2,685 kg/m<sup>3</sup>, dan titik leburnya pada suhu 660 °C. aluminium memiliki strength to weight ratio yang lebih tinggi dari baja. Sifat tahan korosi aluminium diperoleh dari terbentuknya lapisan oksida aluminium dari permukaan aluminium. Lapisan oksida ini melekat kuat dan rapat pada permukaan, serta stabil/tidak bereaksi dengan lingkungan sekitar, sehingga melindungi bagian dalam.

Unsur- unsur dalam paduan aluminium antara lain:

1. Copper (Cu), menaikkan kekuatan dan kekerasan, namun menurunkan elongasi (pertambahan perpanjangan saat ditarik). Kandungan Cu dalam aluminium yang paling optimal adalah antara 4-6%.
2. Zink atau Seng (Zn), menaikkan nilai tensile.
3. Mangan (Mn), menaikkan kekuatan dalam temperatur tinggi.
4. Magnesium (Mg), menaikkan kekuatan aluminium dan menurunkan nilai ductility-nya. Ketahanan korosi dan weldability juga baik.
5. Silikon (Si), menyebabkan paduan aluminium tersebut bisa diperlakukan untuk menaikkan kekerasannya. Lithium (Li), ditambahkan untuk memperbaiki sifat tahan oksidasinya.

Berbagai sifat aluminium antara lain :

1. Memiliki ketahanan yang baik terhadap larutan kimia, cuaca/udara, dan berbagai gas, sehingga membantu ketahanan terhadap korosi.
2. Dapat ditingkatkan kekuatan mekanis dan fisiknya dengan penambahan unsur-unsur paduan.
3. Memiliki sifat reflektivitas yang sangat baik.
4. Konduktivitas panas dan listrik tinggi.
5. Memiliki sifat elastisitas yang tinggi, sehingga materil ini sering digunakan dalam aplikasi yang melibatkan kondisi pembebanan kejut.
6. Biaya fabrikasi rendah.
7. Mudah ditempa dan dibentuk.

#### **2.2.4 Aluminium magnesium silicon alloy (seri 6)**

Aluminium magnesium silicon alloy paduan ini memiliki kekuatan yang lebih kecil dibanding paduan lainnya yang digunakan sebagai bahan tempaan, tetapi sangat liat, sangat baik kemampuan bentuknya untuk penempaan, ekstrusi dan sebagai tambahan dapat diperkuat dengan perlakuan panas setelah pengerjaan. Paduan 6063 digunakan untuk rangka konstruksi. Memiliki kekuatan yang cukup baik tanpa mengurangi hantaran listrik maka dipergunakan untuk kabel tenaga. Dapat dilihat tabel 2.2.4 kandungan aluminium di bawah ini

Designation	Si,%	Cu,%	Mn,%	Mg,%	Cr,%	Others,%
6003	0.35-1.0	0.10 max.	0.8 max.	0.8-1.5	0.35 max.	-
6005	0.6-0.9	0.10 max.	0.10 max.	0.4-0.6	0.10 max.	-
6053	*	0.10 max.	-	1.1-1.4	0.15-0.35	-
6061	0.4-0.8	0.15-0.40	0.15 max.	0.8-1.2	0.04-0.35	-
6063	0.2-0.6	0.10 max.	0.10 max.	0.45-0.9	0.10 max.	-
6066	0.9-1.8	0.7-1.2	0.6-1.1	0.8-1.4	0.40 max.	-
6070	1.0-1.7	0.15-0.40	0.4-1.0	0.50-1.2	0.10 max.	-
6101	0.3-0.7	0.10 max.	0.03 max.	0.35-0.8	0.03 max.	B 0.06% max.
6105	0.6-1.0	0.10 max.	0.10 max.	0.45-0.8	0.10 max.	-
6151	0.6-1.2	0.35 max.	0.20 max.	0.45-0.8	0.15-0.35	-
6162	0.4-0.8	0.20 max.	0.10 max.	0.7-1.1	0.10 max.	-
6201	0.5-0.9	0.10 max.	0.03 max.	0.6-0.9	0.03 max.	B 0.06% max.
6253	*	0.10 max.	-	1.0-1.5	0.04-0.35	Zn 1.6-2.4%
6262	0.4-0.8	0.15-0.40	0.15 max.	0.8-1.2	0.04-0.14	Pb and Bi 0.4-0.7% each
6351	0.7-1.3	0.10 max.	0.4-0.8	0.4-0.8	-	-
6463	0.2-0.6	0.20 max.	0.05 max.	0.4-0.9	-	-

Tabel 2.2.4 unsur- unsur kandungan dalam almunium seri 6  
(Alumunium Structures, 2002)

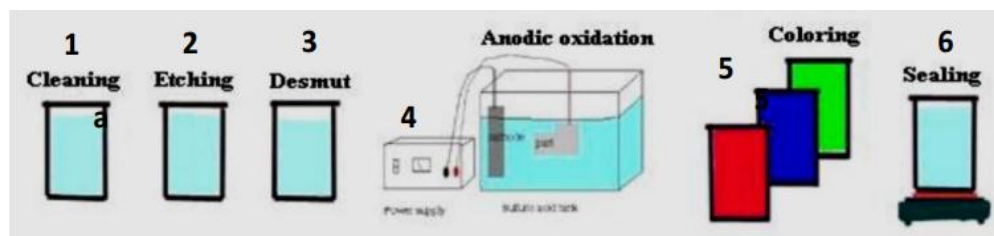
Dalam hal ini percampuran dengan Cu,Fe, dan Mn perlu dihindari karena unsur- unsur tersebut menyebabkan tahanan listrik menjadi tinggi. Magesium dan Silikon membentuk senyawa  $Mg_2Si$  (Magnesium Silisida) yang memberikan kekuatan tinggi pada panduan ini setelah proses heat treatment. Seri 6053,6061,6063 memiliki sifat tahan korosi sangat baik dari pada heat treatable



aluminium lainnya. Digunakan untuk piston motor dan silinder head motor bakar, part sepeda.dll

### 2.2.5 Proses Anodisasi

Anodisasi atau oksida anodik merupakan proses elektrolisis yang dilakukan untuk menghasilkan lapisan oksida yang lebih tebal daripada lapisan oksida yang terbentuk secara alami. Ketahanan terhadap korosi pada lingkungan akan diperoleh jika proses anodisasi berhasil dilakukan dengan tepat. Secara umum, anodisasi merupakan proses konversi coating pada permukaan logam aluminium dan paduannya untuk menjadi lapisan porous aluminium oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Langkah-langkah proses anodizing pada aluminium dapat ditunjukkan Gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Tahapan proses anodizing  
(Taufik, 2011)

#### 1. Cleaning

Proses cleaning adalah proses pembersihan benda kerja aluminium dengan menggunakan larutan detergen murni untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang menempel pada aluminium sebelum dilakukan proses etching. Detergen murni natrium carbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) dengan konsentrasi larutan yang digunakan 5 gr/liter.

## 2. Etching

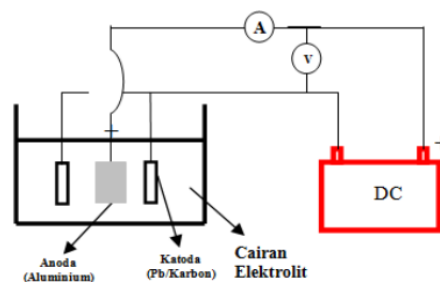
Etching (etsa) adalah proses menghilangkan lapisan oksida pada permukaan aluminium yang tidak dapat dihilangkan dengan proses sebelumnya baik itu proses cleaning atau rinsing. Selain itu, proses ini untuk memperoleh permukaan benda kerja yang lebih rata dan halus dengan menggunakan bahan soda api (NaOH) konsentrasi 100 gr/liter.

## 3. Desmut

Proses desmut adalah suatu proses yang berfungsi sebagai pembersihan bercak-bercak hitam yang diakibatkan oleh proses etching. Larutan yang dipakai adalah Campuran dari asam phospat ( $H_3PO_4$ ) 75% ditambah asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) 15% dan asam nitrat ( $HNO_3$ )10%.

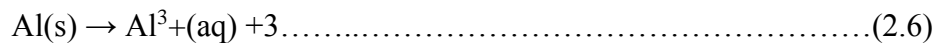
## 4. Anodizing

Proses anodic oxidation adalah proses pelapisan secara elektrokimia yang merubah aluminium menjadi aluminium oksida dengan proses elektrolisis, larutan yang digunakan asam sulfat dengan konsentrasi 400 ml/liter. Logam atau benda kerja dipasang pada anoda (+) dan sebagai katoda (-) dapat menggunakan lembaran Pb atau aluminium dan karbon. Rangkaian pada proses anodic oxidation yang ditunjukkan pada Gambar 2.3 dibawah ini.

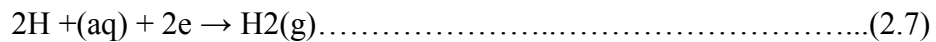


**Gambar 2.2** Rangkaian proses *anodic oxidation*

Logam aluminium atau benda kerja pada larutan elektrolit anodic oxidation sebagai anoda sehingga logam inilah yang akan teroksidasi. Persamaan reaksi yang terjadi pada anoda 2.6



Atom atom yang terdapat pada aluminium akan teroksidasi menjadi ion-ion yang larut dalam larutan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Hal ini membuat permukaan logam aluminium menjadi berlubang membentuk pori-pori. Sedangkan katoda terjadi reaksi pada persamaan 2.7



#### 5. Coloring/dieying

Proses pewarnaan berfungsi sebagai pemberian warna pada pori-pori lapisan oksida yang terbentuk setelah anodic oxidation, sehingga dihasilkan tampilan warna yang menarik pada lapisan oksida aluminium. Pewarna yang digunakan adalah pewarna khusus anodizing dengan konsentrasi larutan 5 gr/liter.

#### 6. Sealing

Proses sealing berfungsi menutup pori-pori lapisan oksida yang dihasilkan dari proses anodic oxidation yang masih terbuka. Lapisan yang telah ditutup dengan proses sealing untuk mencegah pewarna keluar dari pori-pori lapisan oksida atau pudar, pada proses sealing larutan yang digunakan adalah asam asetat dengan konsentrasi 5 gr/liter. Setelah dilakukan proses sealing, maka struktur permukaan lapisan akan menjadi lebih halus dan rata.

Proses anodizing memiliki beberapa tujuan, antara lain :

1. Meningkatkan ketahanan korosi. Dari proses anodisasi, lapisan oksida yang terbentuk pada permukaan logam tahan terhadap korosi dan mampu menahan serangan atmosfer serta air garam. Lapisan oksida melindungi logam yang ada dibawahnya dengan bertindak sebagai penghalang (barrier) dari serangan lingkungan yang korosif.

2. Meningkatkan sifat asdhesif.

Lapisan ini hasil proses anodisasi yang menggunakan asam phosfor dan kromat dapat meningkatkan kekuatan ikatan dan ketangguhan, biasanya digunakan pada industri pesawat terbang.

3. Meningkatkan ketahanan aus (wear resistant).

Proses hard anodizing dapat menghasilkan lapisan setebal 25-100 mikron. Lapisan tersebut, dengan kekerasan inheren aluminium oksida yang sedemikian cukup tebal dapat digunakan untuk aplikasi dibawah kondisi ketahanan abrasi. Dimana lapisan oksida ( $Al_2O_3$ ) ini memiliki nilai kekerasan yang cukup tinggi (sebanding dengan sapphire) atau paling keras setelah intan.

4. Isolator listrik.

Lapisan oksida memiliki resistivitas yang tinggi khususnya lapisan oksida yang porinya tertutup.

5. Dapat menempel pada proses plating selanjutnya.

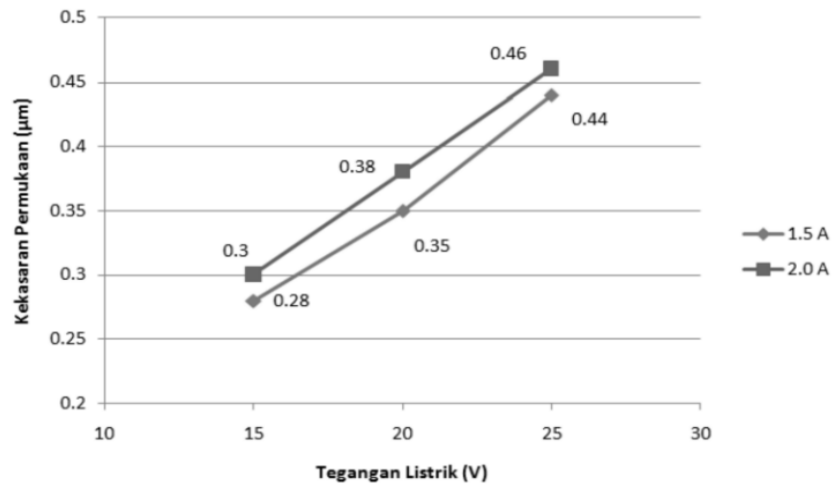
Pori dari lapisan anodik oksida mendukung proses elektro plating, kebanyakan asam yang digunakan apabila ingin melakukan pelapisan lanjutan adalah asam phosfor.

#### 6. Aplikasi dekorasi.

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

#### **2.2.6 Tegangan Listrik**

Tegangan (Voltage) adalah perbedaan potensial antara dua titik, yang dapat didefinisikan sebagai jumlah kerja yang diperlukan untuk memindah arus dari satu titik ke titik lainnya dengan satuan Volt (V). Besarnya tegangan listrik dapat mempengaruhi hasil anodizing. Tegangan memiliki pengaruh terhadap tampilan dari lapisan oksida yang dihasilkan, semakin tinggi tegangan pada proses, maka terjadi beda potensial yang semakin tinggi sehingga energi ionisasi menjadi semakin besar. Semakin besar energi ionisasi maka energi yang digunakan melepaskan ikatan ion aluminium juga semakin besar. Semakin besar ikatan ion dari aluminium yang terlepas, maka semakin besar pula ion dari larutan elektrolit yang menempel pada permukaan aluminium. Dengan semakin banyaknya ion dari elektrolit yang menempel dan juga terjadinya proses peluruhan pada lapisan oksida aluminium maka kekasaran pada permukaan akan semakin meningkat Kenang Dkk, (2012). Grafik hubungan kekasaran permukaan dengan tegangan listrik dan kuat arus dapat ditunjukkan pada Gambar 2.3.



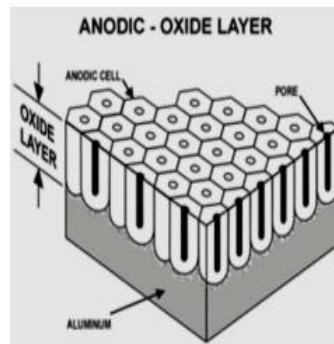
Gambar 2.3 Grafik hubungan kekasaran permukaan dengan tegangan listrik dan kuat arus (Kenang dkk, 2012).

### 2.2.7 Pembentukan Lapisan Oksida

Lapisan hasil anodizing memiliki struktur yang berbeda dari lapisan oksida yang terbentuk secara alami, dimana lapisannya memiliki struktur pilar hexagonal berpori yang memiliki karakteristik yang unik sehingga meningkatkan sifat mekanis permukaan aluminium. Secara umum lapisan oksida hasil dari proses anodisasi memiliki karakteristik keras sebanding dengan batu sapphire, insulatif dan tahan terhadap beban, transparan, tidak ada serpihan.

Lapisan oksida yang terbentuk dari proses ini akan meningkatkan ketahanan abrasive, kemampuan insulator elektrik logam, serta kemampuan untuk menyerap zat pewarna untuk menghasilkan variasi tampilan warna pada permukaan hasil anodisasi. Aluminium serta paduan-paduannya mempunyai sifat tahan terhadap korosi karena adanya lapisan oksida protektif. Tebal dari

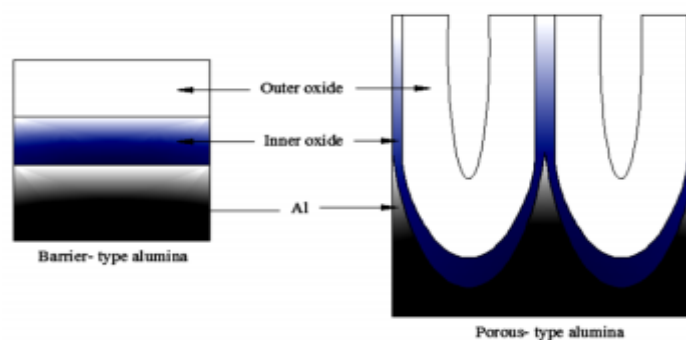
lapisan oksida sekitar  $0,005-0,01 \mu\text{m}$ , atau  $0,1-0,4 \times 10^{-6}$  inch atau  $0,25-1 \times 10^{-2}$  mikron. Struktur lapisan aluminium oksida ditunjukkan pada Gambar 2.4.



**Gambar 2.4** Struktur pori lapisan hasil anodisasi.

(Hutasoit, 2008)

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



**Gambar 2.5** Skema lapisan pori hasil anodisasi

(Sipayung, 2008).

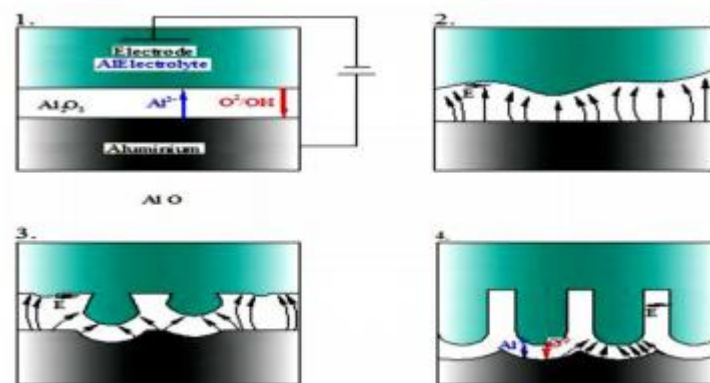
Lapisan dasar merupakan lapisan yang tipis dan padat, yang berfungsi sebagai lapisan antara lapisan pori dan logam dasar (base metal). Lapisan tersebut memiliki sifat yang melindungi dari korosi lebih lanjut dan tahan terhadap aruslistrik. Struktur berpori yang timbul pada lapisan oksida merupakan hasil dari kesetimbangan antara reaksi pembentukan dari pelarutan lapisan oksida. Pada awalnya lapisan pori yang terbentuk selinder memanjang namun karena kemudian bersinggungan dengan oksida-oksida lainnya yang berada disisi-sisinya, maka lapisan oksida tersebut bertransformasi menjadi bentuk saluran heksagonal yang memanjang Sipayung, (2008).

Proses pembentukan lapisan oksida dapat dipelajari dengan memperhatikan dan mengamati perubahan arus pada tegangan anodisasi yang tetap atau perubahan tegangan pada arus tetap. Proses pembentukan lapisan oksida dapat dibagi dalam 4 tahapan, antara lain:

1. Penambahan barrier layer yang ditandai dengan penurunan arus yang mengalir. Barrier layer ini merupakan lapisan oksida aluminium yang menebal akibat adanya reaksi oksidasi pada permukaan logam. Akibat adanya penebalan maka hambatan yang ditimbulkan menjadi lebih besar. Hal itulah yang menimbulkan penurunan arus selama pembentukan barrier layer.
2. Setelah barrier layer menebal, mulai muncul benih-benih pori dekat batas antara oksida dan larutan. Pada tahapan ini terjadi penurunan arus pada sistem dan akan mencapai titik minimum saat tahapan ini berhenti.



3. Inisiasi pori yang terbentuk menjadi awal pembentukan struktur oksida berpori. Bentuk pori pada tahapan ini tidak sempurna dan terjadi peningkatan arus yang mengalir pada sistem.
4. Arus yang mengalir pada sistem akan terus meningkat dengan semakin
5. sempurnanya morfologi lapisan oksida. Peningkatan ini terjadi hingga pada suatu saat arus yang mengalir akan konstan saat struktur berpori telah terbentuk sempurna. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6.



**Gambar 2.6** Tahapan pembentukan lapisan oksida,

- (1) pembentukan barrier layer,
- (2) awal pembentukan pori-pori,
- (3) pori mulai terbentuk dan berkembang,
- (4) pori yang terbentuk semakin stabil.

(Sipayung, 2008).

### **2.2.8 Sifat Penerapan Anodizing**

Anodizing dilaksanakan dengan berbagai alasan serta tujuan tertentu, dimana untuk menyesuaikan dengan kebutuhan yang diinginkan. Adapun dengan pemakaian anodizing mempunyai maksud untuk memperbaiki anodizing lapisan pelindung dipertebal sehingga dapat digunakan di luar rumah misalnya untuk pemakaian di laut, mobil, keperluan arsitektur, jendela, gerbang toko, dan sebagainya. Aluminium yang di anodizing juga mempermudah dan memperkuat pengecatan, termasuk untuk penggunaan-penggunaan kritis dalam kedirgantaraan, misalnya baling-baling helikopter, torpedo dan sebagainya. Aluminium di anodizing dalam elektrolit sulfat menghasilkan lapisan konduktif yang memperkuat rekatan plating berikutnya. Bila pemilihan alloy, sistem serta prosedur anodizingnya tepat, produk aluminium dapat beraneka penampilan permukaan, atau buram, berarah atau tidak teksturnya, kombinasi warnanya. Perhiasan alat olahraga, komponen bangunan, keperluan dapur dan rumah tangga sampai papan nama dapat memanfaatkannya. Untuk pengisolasi listrik, anodizing aluminium dapat menahan tegangan 40 volt tiap mikron serta tahan suhu tinggi tanpa hangus, maka baik untuk trafo dan keperluan alat-alat listrik lainnya. Industri otomotif dan konstruksi merupakan pengguna terbesar teknologi anodizing, juga di Indonesia ini Priyanto, (2012).

## 2.2.9 Pengujian kekerasan

Jenis-jenis kekerasannya sebagai berikut:

### 1.1. Pengujian Brinell

Metoda uji kekerasan yang di ajukan oleh J.A Brinell pada tahun 1900an ini merupakan uji kekerasan lekukan yang pertama kali banyak digunakan dan di susun pembakuannya (dieter, 1987). Uji kekerasan ini berupa pembentukan lekukan pada permukaan logam menggunakan indentor. Indentor untuk brinell berbentuk bola dengan diameter 10 mm, diameter 5 mm, diameter 2,5mm, dan diameter 1 mm, itu semua adalah diameter bola standar internasional. Macam-macam kekerasan. Bola brinell yang standar internasional tersebut ada 2 bahan pembuatannya. Ada yang terbuat dari baja yang di keraskan/dilapis chrom, dan ada juga yang terbuat dari tungsten carbide. Tungsten carbide lebih keras dari baja, jadi tungsten carbide biasanya dipakai untuk pengujian benda yang keras yang dikhawatirkan akan merusak bola baja. Namun untuk pengujian bahan yang tingkat kekerasannya belum diketahui, alangkah baiknya jika kita mengujinya terlebih dahulu menggunakan metoda rockwell c, dengan menggunakan indentor kerucut intan, untuk menghindari rusaknya indentor. Seperti yang kita ketahui bahwa intan adalah logam yang paling keras saat ini, jadi intan tidak akan rusak jika di indentasikan ke material yang keras.

Untuk bahan/ material pengujian brinell harus disiapkan terlebih dahulu. Material harus bersih dan diusahakan halus (minimal N6 atau digerinda). Harus rata dan tegak lurus, bersih dari debu, karat, dan terak.

## 1.2. Standar

- a. ASTM E10
- b. ISO 6506

## 1.3. Cara/metoda pengujian Brinell

### A. Persiapkan alat dan bahan pengujian :

- a. mesin uji kekerasan Brinell (Brinell Hardness Test)
- b. indentor bola (bola baja atau bola carbide)
- c. benda uji yang sudah di gerinda
- d. amplas halus
- e. stop watch
- f. mikroskop pengukur

### B. Indentor di tekankan ke benda uji/material dengan gaya tertentu.

(untuk base ferro biasanya menggunakan 3000 kgf)

### C. Tunggu hingga 10 – 30 detik (biasanya 20 detik)

### D. Bebaskan gaya dan lepaskan indentor dari benda uji

### E. Ukur diameter lekukan yang terjadi menggunakan mikroskop pengukur.

(ukur beberapa kali di beberapa tempat dan posisi dan ambil nilai pengukuran yang paling besar)

### F. masukkan data-data tersebut ke rumus

## 1.4. Rumus penghitungan pengujian metoda Brinell:

$$\text{BHN} = \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Dimana : BHN = Brinell Hardness Number

P = Beban yang diberikan (kgf)

D = Diameter indenter (mm)

d = Diameter lekukan rata-rata hasil indentasi

$$P = C \times D^2$$

#### 1.5. rumus untuk mencari beban yang sesuai

Dimana: P = Beban yang diberikan.

C = Konstanta bahan yang akan di uji

( jika bahannya base ferro maka konstantanya 30).

D = Diameter indenter.

#### 1.6. Kelebihan metoda Brinell :

- Sangat dianjurkan untuk material-material atau bahan-bahan uji yang bersifat heterogen.

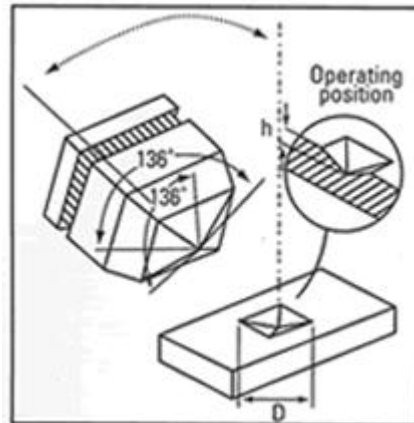
#### 1.7. Kekurangan metoda Brinell :

- Butuh ketelitian saat mengukur diameter lekukan hasil indentasi
- Lama, sekali pengujian bisa menyita waktu hingga 5 menit, belum termasuk persiapan dan perhitungannya.

#### 2.1. Pengujian Vickers

Uji vickers dikembangkan di inggris tahun 1925an. Dikenal juga sebagai Diamond Pyramid Hardness test (DPH). uji kekerasan vickers menggunakan indenter piramida intan, besar sudut antar permukaan piramida intan yang saling berhadapan adalah 136 derajat .

Ada dua rentang kekuatan yang berbeda, yaitu micro (10g – 1000g) dan macro (1kg – 100kg).



Gambar 2.7 Pengujian Vickers

## 2.2. Standar

- a. ASTM E 384 – Rentang micro (10g – 1000g).
- b. ASTM E 92 – Rentang macro (1kg – 100kg).
- c. ISO 6507 – Rentang micro dan macro.

## 2.3. Cara/metoda pengujian Vickers

### A. persiapkan alat dan bahan pengujian

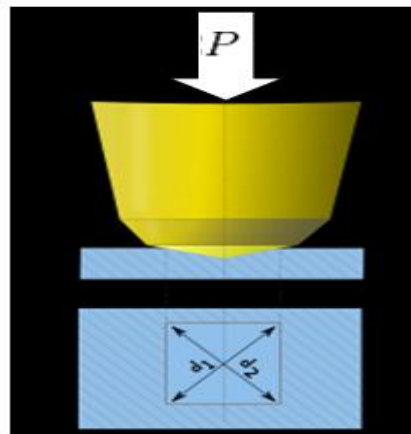
- a. mesin uji kekerasan Vickers (Vickers Hardness Test)
- b. indenter piramida intan (diamond pyramid)
- c. benda uji yang sudah di gerinda
- d. amplas halus
- e. stop watch
- f. mikroskop pengukur (biasanya satu set dengan alatnya)

### B. indenter di tekankan ke benda uji/material dengan gaya tertentu. (rentang micro 10g – 1000g dan rentang macro 1kg – 100kg)

- C. tunggu hingga 10 – 20 detik (biasanya 15 detik)
- D. bebaskan gaya dan lepaskan indentor dari benda uji
- E. ukur 2 diagonal lekukan persegi (belah ketupat) yang terjadi menggunakan mikroskop pengukur. (ukur dengan teliti dan cari rata-ratanya)
- F. masukkan data-data tersebut ke rumus.

2.4. Rumus penghitungan pengujian metoda Brinell. Dapat dilihat gambar dibawah ini

$$\text{VHN} = \frac{1,854 \times P}{d^2}$$



2.5. Kelebihan metoda Vickers :

- a. Dianjurkan untuk pengujian material yang sudah di proses case hardening, dan proses pelapisan dengan logam lain yang lebih keras.
- b. Tidak merusak karena hasil indentasi sangat kecil, dan biasanya bahan uji bisa dipakai kembali.

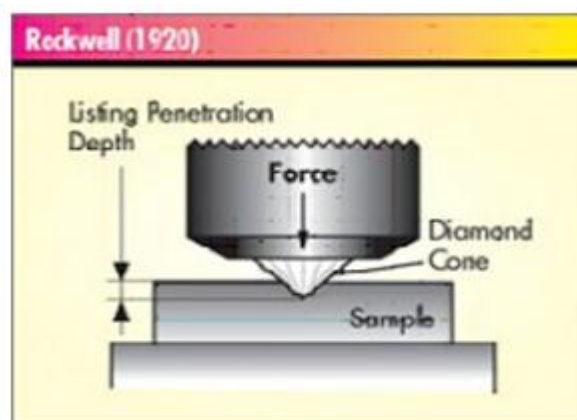
2.6. Kekurangan metoda Vickers :

- a. Butuh ketelitian saat mengukur diameter lekukan hasil indentasi .
- b. Lama, sekali pengujian bisa menyita waktu hingga 5 menit, belum termasuk persiapan dan perhitungann.

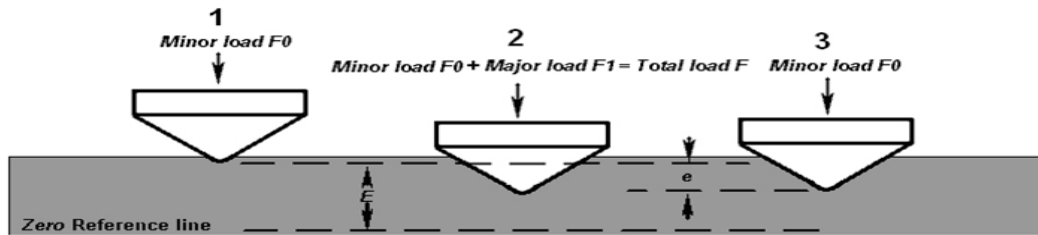
### 3.1. Pengujian Rockwell

Pengujian rockwell menggunakan indenter bola baja diameter standar (diameter 10mm, diameter 5mm, diameter 2.5mm, dan diameter 1mm) dan indenter kerucut intan. pengujian ini tidak membutuhkan kemampuan khusus karena hasil pengukuran dapat terbaca langsung. tidak seperti metoda pengujian Brinell dan Vickers yang harus dihitung menggunakan rumus terlebih dahulu.

Pengujian ini menggunakan 2 beban, yaitu beban minor/minor load ( $F_0$ ) = 10 kgf dan beban mayor/mayor load ( $F_1$ ) = 60kgf sampai dengan 150kgf tergantung material yang akan di uji dan tergantung menu rockwell yang dipilih (ada HRC, HRB, HRG, HRD, dll (maaf saya lupa ada tipe pengujian rockwell apa saja, mohon bantuannya bagi yang sudah tau bisa di share di comment)). yang pasti, untuk menguji material yang kekerasannya sama sekali belum diketahui kita harus menggunakan rockwell HRC. HRC menggunakan indenter kerucut intan dan beban 150kgf. ini dimaksudkan untuk mencegah rusaknya indenter karena kalah keras dibandingkan material yang di uji. seperti yang kita tahu bahwa intan adalah logam paling keras saat ini. Dapat dilihat gambar dibawah ini.







Gambar 2.8 Pengujian Rockwell

#### 4.1. Pengujian Shore / Ekuotip

Pengujian shore / ekuotip menggunakan metode pemantulan (semakin tinggi pantulan maka semakin keras material yang kita uji). pengujian ini menggunakan media peluru pantul.