

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Ivan (2013), melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh kuat arus terhadap ketahanan aus pada proses pelapisan *hard anodizing* aluminium 6061, dengan menggunakan variasi nilai arus 0,5 A; 1 A; 1,5 A; 2 A ; dan larutan H_3PO_4 dengan molaritas 2 dan 3 mol dengan waktu proses 90 menit. Hasil penelitiannya adalah semakin tinggi nilai kuat arus listrik yang diberikan, maka ketahanan aus dari spesimen uji juga semakin meningkat.

Jhenta (2013), melakukan penelitian untuk mengetahui dampak variasi tegangan listrik pada proses pelapisan *hard anodizing* terhadap laju korosi aluminium 6061, dengan menggunakan variasi tegangan listrik 15 V, 20 V, 25V, 30V. Arus listrik 1 Ampere dan larutan H_3PO_4 molaritas 1 mol sebagai variabel tetap, dengan uji korosi menggunakan metode *weight loss* dengan waktu ekspos 336 jam pada media larutan garam. Hasil penelitian menunjukkan semakin tinggi tegangan listrik yang diberikan maka laju korosinya akan semakin turun.

Sukma (2008), Melakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh densitas arus terhadap ketebalan dan kekerasan lapisan oksida pada permukaan aluminium 6063 dengan menggunakan rapat arus 1A, 2A, 3A, 4A, 5A; dan konsentrasi larutan H_2SO_4 15% dengan waktu proses 60 menit. Hasil penelitiannya adalah dengan peningkatan rapat arus dari 1A sampai 3A kekerasan permukaan aluminium mengalami peningkatan dari 550 HV hingga 769 HV dan ketebalan lapisan oksida meningkat dari 63,4 μm hingga 94,8 μm , tetapi pada rapat arus diatas 3A kekerasan dan ketebalan lapisan oksida menurun.

2.2 Aluminium

Aluminium merupakan salah satu jenis logam yang penggunaannya sangat luas dalam dunia industri permesinan. Penggunaan aluminium adalah yang kedua terbanyak setelah besi dan baja (Surdia, 1999). Aluminium banyak digunakan karena mempunyai sifat-sifat yang baik, antara lain, mudah untuk pengerjaan lanjut, memiliki ketahanan korosi yang baik, beratnya ringan, serta memiliki konduktivitas panas dan listrik yang baik (Rahayu, 2008). Untuk membuat

kapasitas hantaran yang sama sebuah penghantar listrik yang terbuat dari aluminium hanya membutuhkan separuh dari berat penghantar listrik berbahan tembaga.

Aluminium berasal dari bijih aluminium yang disebut *bauksit*. Dari bijih *bauksit* tersebut dibutuhkan proses pemurnian terlebih dahulu untuk memperoleh aluminium murni. Aluminium memiliki panas jenis sebesar 890 J/kg K dan titik lebur yang rendah, hal ini sangat bermanfaat dalam proses pemurnian aluminium, akan tetapi sifat ini juga menjadi kendala dan keterbatasan dalam aplikasi aluminium pada temperatur yang tinggi.

Pada dasarnya aluminium sudah memiliki kemampuan untuk melindungi dirinya sendiri dari kondisi lingkungan sekitar, terutama terhadap korosi. Terdapat lapisan oksida tipis yang terbentuk secara alami pada permukaan aluminium. Perlindungan lapisan oksida tipis ini dapat ditingkatkan dengan dilakukannya proses *anodizing* atau pelapisan ulang secara kimiawi dengan proses elektrolisis.

2.2.1 Aluminium Paduan Seri 6061

Aluminium paduan seri 6061 merupakan aluminium paduan yang penggunaannya paling luas diantara seri 6XXX lainnya. Mempunyai karakteristik ketangguhan yang baik, kekuatan sedang hingga tinggi dan banyak digunakan pada rangka-rangka konstruksi. Aluminium jenis ini juga sangat mudah di las dan disambung dengan beberapa metode, mempunyai karakteristik finishing yang baik, bagus untuk proses *anodizing* dengan sifat pewarnaan yang baik dan kekerasan lapisan yang tinggi. Aluminium seri 6061 memiliki massa jenis sebesar 2.7 gr/cm³, konduktivitas termal sebesar 173 W/m.K dan ketahanan listrik sebesar 3.7 - 4.0 x 10⁻⁶ Ω.cm.

Tabel 2.1 Kandungan Unsur pada Aluminium 6061

Unsur	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Cr	Al
Kandungan (%)	0.4 s/d 0.8	0.7	0.15	0.15	0.8 s/d 1.2	0.25	0.15	0.14	<i>balance</i>

Sumber : PT. Sutindo

2.3 Anodizing

Anodizing dapat didefinisikan sebagai proses pelapisan dengan cara elektrolis untuk melapisi permukaan logam dengan suatu material atau oksida yang bersifat melindungi dari

lingkungan sekitar. Dari definisi tersebut dapat diketahui bahwa prinsip dasar proses *anodizing* adalah elektrolisis. Proses elektrokimia yang merupakan proses kimia yang mengubah energi listrik menjadi energi kimia. Komponen yang terpenting dari proses elektrolisis ini adalah elektroda dan elektrolit. Pada elektrolisis, katoda merupakan kutub negatif dan anoda merupakan kutub positif. (Boyer, 1986)

Sumber lain menyatakan bahwa pada dasarnya, proses *anodizing* merupakan proses rekayasa permukaan yang bertujuan untuk memproteksi logam dari korosi. Proses *anodizing* juga dapat digunakan untuk memperindah tampilan logam. (Michael Faraday, 1834)

Pada aluminium sebenarnya telah terdapat lapisan oksida tipis yang terbentuk secara alami, namun lapisan ini dapat dipertebal dengan melakukan proses *anodizing*, sehingga perlindungan aluminium terhadap lingkungan sekitarnya, khususnya perlindungan aluminium akan keausan dapat semakin ditingkatkan. Prinsip dasarnya adalah dengan mengalirkan listrik dengan tegangan tertentu pada aluminium yang telah direndam dalam larutan elektrolit, sehingga terbentuk lapisan aluminium oksida (Al_2O_3) pada permukaannya. Lapisan ini juga dapat diberi pewarnaan yang bertujuan untuk memperindah tampilan logam.

2.3.1 Jenis- jenis Proses *Anodizing*

Reaksi dasar dari proses *anodizing* adalah merubah permukaan aluminium menjadi aluminium oksida dengan merendam bagian logam, yang berperan sebagai anoda di dalam sel elektrolisis. Proses *anodizing* terbagi menjadi tiga yaitu *Chromic acid anodize*, *Sulfuric acid anodize*, *Hard anodize*. (Boyer, 1986). Perbedaan dari ketiga jenis proses *anodizing* tersebut dapat dilihat dalam penjelasan di bawah ini.

A. *Chromic Anodize*

Tipe ini menggunakan larutan elektrolit *chromic acid* CrO_3 dengan konsentrasi 3-10% dan menghasilkan lapisan yang paling tipis, hanya sekitar 0,5 hingga 2,5 mikron. Pada saat proses berlangsung, 50% lapisan Al_2O_3 (aluminium oksida) terintegrasi ke dalam substrat dan 50% lapisan tumbuh kearah luar. Proses *Chromic Anodize* dapat meningkatkan ketahanan korosi pada aluminium dan lapisan yang dihasilkan cenderung lebih ulet dibandingkan dengan *anodizing* tipe lainnya. (Agus Tri, 2012)

B. Sulfuric Anodize

Tipe ini adalah tipe yang paling umum dilakukan yaitu dengan menggunakan larutan *sulfuric acid* sebagai elektrolit dengan kemampuan menghasilkan lapisan protektif hingga 25 mikron. Selama proses berlangsung, 67% oksida protektif terintegrasi ke dalam substrat dan sisanya tumbuh ke arah luar. Lapisan yang dihasilkan *permeable* dan *porous* sehingga dapat dilakukan pewarnaan. tipe *anodizing* ini biasa digunakan untuk aplikasi arsitektur, bagian pesawat terbang, otomotif, maupun komputer. (Agus Tri, 2012)

C. Hard Anodize

Hard anodizing menggunakan larutan elektrolit yang sama dengan proses *Sulfuric Anodize* yaitu larutan *sulfuric acid* namun dengan konsentrasi yang lebih tinggi dan pada temperatur yang lebih rendah. Lapisan yang dihasilkan lebih tangguh, memiliki ketahanan abrasi yang baik, ketahanan korosi, anti pudar, tahan terhadap suhu tinggi, dan memiliki kekerasan yang baik. Lapisan yang dihasilkan mencapai ketebalan 75 mikron, dalam proses *anodizing* selama 1 jam lapisan yang dapat terbentuk sekitar 4-50 mikron, sehingga juga dapat menjadi insulator listrik yang baik. Umumnya digunakan pada peralatan yang membutuhkan ketahanan aus yang sangat tinggi seperti pada piston dan *hydraulic gear* (Agus Tri, 2012). Temperatur yang tinggi, menyebabkan terbentuknya banyak pori dan menyebabkan diameter porositas membesar. (T. Aerts, 2007), itulah alasan mengapa pada proses *hard anodizing* temperatur operasinya dibuat rendah (0-5°C).

2.3.2 Komponen Anodizing

Komponen terpenting dari proses *anodizing* adalah elektroda dan larutan elektrolisis. Secara umum elektroda dapat didefinisikan sebagai sebuah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan bagian non-logam dari sebuah sirkuit (misalnya dengan semikonduktor, sebuah elektrolit atau sebuah vakum). Untuk proses *anodizing*, elektrodanya tentunya adalah logam yang melapisi dan logam yang akan dilapisi. Komponen lain yang tidak kalah penting adalah larutan elektrolit. Elektrolit dapat didefinisikan sebagai suatu senyawa yang bila

dilarutkan dalam pelarut, akan menghasilkan larutan yang dapat menghantarkan arus listrik. Elektrolit dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu elektrolit kuat dan elektrolit lemah. Larutan elektrolit kuat contohnya adalah HI, HBr, HCl, H₂SO₄, dan HNO₃ ; sedangkan contoh larutan yang termasuk elektrolit lemah adalah AgCl, Al(OH)₃, CH₃CooH dan CaCO₃. Larutan elektrolit lemah hanya dapat menghantarkan sedikit arus listrik. Suatu larutan dapat menghantarkan arus listrik akibat terjadinya proses ionisasi saat larutan tersebut dilarutkan dalam air. Contohnya adalah ionisasi yang terjadi pada elektrolit H₃PO₄ yang dapat dirumuskan dengan rumus reaksi berikut:



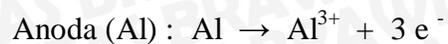
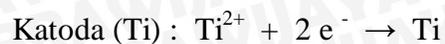
Maka di dalam larutan akan terbentuk ion positif yaitu (H⁺) dan ion negatif yaitu (PO₄³⁻) karena adanya ion-ion itulah di dalam larutan timbul beda potensial (tegangan listrik) yang terjadi pada larutan H₃PO₄ sehingga arus listrik dapat mengalir, dan larutan tersebut dapat menghantarkan listrik. Zat-zat dalam larutan yang dapat terionisasi adalah asam, basa dan garam. Selain dua komponen yang terpenting tadi, masih ada komponen yang lain yang berpengaruh yaitu arus dan tegangan listrik yang juga harus sesuai. (Boyer Haward E, 1986)

2.3.3 Mekanisme Anodizing

Mekanisme dari proses *anodizing* adalah menggunakan prinsip elektrolisis. Prinsip dasar elektrolisis adalah bagian dari sel elektrokimia dan berlawanan dengan prinsip dasar sel volta, yaitu sebagai berikut: (Boyer, 1986)

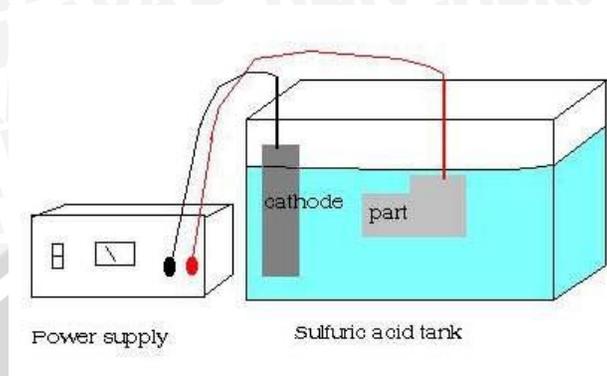
- Proses elektrolisis, mengubah energi listrik menjadi energi kimia.
- Reaksi elektrolisis merupakan reaksi tidak spontan, karena melibatkan energi listrik dari luar.

Dalam proses *anodizing* ini yang berperan sebagai anoda adalah aluminium (Al) sedangkan yang berperan sebagai katoda adalah titanium (Ti). Reaksi elektrolisis dalam proses *anodizing* Aluminium adalah sebagai berikut:



Al (anoda) → Ti (katoda)

Penggambaran skema proses *anodizing* di tampilkan pada gambar 2.1 berikut ini :



Gambar 2.1 Skema Ilustrasi Proses *Anodizing*

Keterangan :

1. Elektron bergerak dari kutub (-), sumber arus ke katoda, pada katoda terjadi reaksi reduksi
2. Di anoda terjadi reaksi oksidasi dan elektron mengalir menuju ke sumber arus listrik.
3. Ion (+) bergerak ke arah kutub (-) dan ion (-) bergerak menuju kutub (+), molekul pelarut menyebar bebas ada di anoda maupun di katoda.
4. Pada anoda akan terjadi endapan Al dan Ti pada katoda akan terus menerus larut dan menempel pada anoda.

Dari mekanisme tersebut kita dapat mengetahui bahwa titanium sebagai logam pelapis akan mengendap pada permukaan aluminium yang terendam elektrolit, sehingga jika dibiarkan maka reaksi tersebut akan terus berlangsung sebelum tegangan listrik dimatikan atau sampai logam titanium pada anoda yang melapisi aluminium habis. Setelah proses *anodizing* berakhir maka akan didapatkan logam aluminium yang terlapisi oleh Ti. Lapisan Ti ini nantinya akan memproteksi aluminium dari korosi dan aus. Biasanya setelah melalui proses *anodizing* sebelum dipakai, logam Al akan kembali dilapisi oleh cat pelindung yang berguna untuk menambah proteksi dari logam Al sehingga dapat tahan lebih lama. Selain itu proses pengecatan ini juga dilakukan untuk menambah estetika keindahan dari logam sehingga logam tampak lebih bagus dan menarik.

2.3.4 Proses *Pre-treatment Anodizing*

Sebelum melakukan proses *anodizing*, terlebih dahulu dilakukan proses *pre-treatment*. Proses ini perlu dilakukan sebagai langkah awal sebelum melakukan proses *anodizing* karena *pre-treatment* ini bertujuan untuk membuat logam Al hasil *anodizing* menjadi lebih baik. Langkah-langkah yang dilakukan selama proses *pre-treatment* antara lain:

1. *Degreasing*

Degreasing adalah langkah paling awal yang dilakukan sebelum proses *anodizing*. *Degreasing* dilakukan untuk menghilangkan minyak dan lemak yang terdapat pada permukaan Al sebelum di *anodizing*. *Degreasing* dapat dilakukan dengan merendam Al menggunakan larutan asam sulfat dengan temperatur 60°C sampai 80°C selama 5 menit.

2. *Etching*

Etching dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan lapisan oksida murni yang terdapat pada Al. Lapisan oksida murni Al akan hancur bila direndam dalam larutan basa kuat yang dalam hal ini digunakan larutan NaOH. Proses *Etching* dilakukan pada temperatur 30°C sampai 50°C dan proses perendaman dilakukan selama 5 menit.

3. *Desmutting*

Desmutting dilakukan untuk menghilangkan atau membersihkan bercak-bercak hitam akibat reaksi dari paduan Al dengan NaOH yang dilakukan pada proses *etching*. *Desmutting* dilakukan dengan cara merendam spesimen dalam larutan asam nitrat pada temperatur 25°C sampai 40°C selama 5 menit.

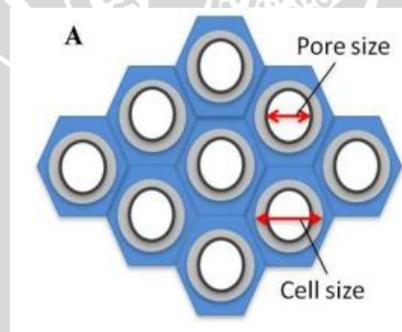
4. *Rinsing*

Dalam proses ini dilakukan pembersihan spesimen (Al) dengan menggunakan air murni (destilated water). Tujuan proses *rinsing* adalah untuk membersihkan spesimen atau benda kerja dari sisa-sisa zat kimia yang terbawa dari proses yang dilakukan sebelumnya. *Rinsing* dilakukan setiap setelah 1 proses sudah dilewati baik setelah *pre-treatment* (*degreasing*, *etching*, *desmutting*) ataupun setelah proses *anodizing*.

2.3.5 Proses *Double Anodizing*

Membran atau lapisan aluminium oksida berpori yang terbentuk dari proses pelapisan elektrokimia *anodizing* dari logam aluminium telah dipelajari secara rinci dalam berbagai variasi larutan elektrolit, suhu dan tegangan *anodizing* selama lebih dari enam puluh tahun. Dengan menggunakan proses *anodizing* konvensional dalam larutan elektrolit (misalnya, larutan oksalat, fosfat atau asam sulfat) lapisan oksida nano-pori dapat dibentuk di atas permukaan logam. Sayangnya, selama proses pembentukan, susunan pori-pori yang dihasilkan kacau dan tidak teratur. Namun, pada tahun 1998, Masuda menggunakan proses *anodizing* dua langkah yang mampu menghasilkan struktur pori heksagonal yang sangat teratur dari satu set parameter makroskopik yang telah diatur sebelumnya. Parameter makroskopik yang dikendalikan (contohnya, jenis larutan elektrolit, konsentrasi larutan, suhu dan tegangan). (Poinern, 2012).

Pori-pori permukaan Al setelah proses *double hard anodizing* berbentuk heksagonal yang memiliki struktur lebih rapat dan memiliki luasan pori yang lebih lebar, sehingga ion-ion Ti yang dapat melapisi Al juga akan menjadi lebih banyak. (Poinern, 2011). Berikut adalah gambar bentuk pori yang terbentuk setelah proses *double hard anodizing*.



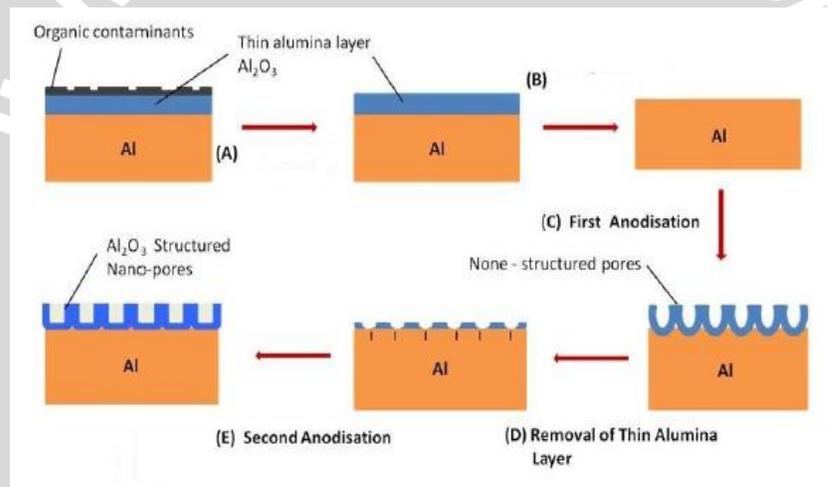
Gambar 2.2 Bentuk pori heksagonal yang terbentuk setelah proses *Double Hard Anodizing*

Sumber : Poinern, 2011: 501

Pada dasarnya, proses *double anodizing* atau *two step anodizing* bertujuan untuk meningkatkan sifat kimia dan sifat fisik yang dimiliki oleh lapisan aluminium oksida. Susunan dan diameter pori, perioditas (ukuran atom, energi ionisasi, afinitas elektron, keelektronegatifan, dan sifat logam) dan kepadatan pori yang merata, akan sangat mempengaruhi ketahanan aluminium terhadap keausan. Dengan meningkatnya sifat fisik dan kimia dari lapisan aluminium oksida

hasil proses *double anodizing*, maka ketahanan aus dari aluminium tersebut akan semakin meningkat.

Langkah-langkah proses *double anodizing* adalah, pertama-tama aluminium akan diberi *pre-treatment anodizing* terlebih dahulu (*Degreasing - Etching - Desmutting*) untuk menghilangkan minyak, lemak, serta lapisan oksida alami yang ada pada permukaan aluminium. Setelah melalui proses *pre-treatment*, aluminium kemudian direndam dalam larutan elektrolit untuk kemudian dilakukan proses *anodizing* tahap pertama. Setelah melewati proses *anodizing* tahap pertama, dilakukan *pre-treatment* ulang pada aluminium. Setelah dilakukan *pre-treatment*, aluminium akan kembali mendapatkan perlakuan *anodizing* tahap kedua. Skema yang menggambarkan proses *double hard anodizing* dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.3 Skema Proses *Double Hard Anodizing*

Sumber : Poinern, 2011: 505

2.3.6 Pengujian Pelapisan *Anodizing*

Pengujian pelapisan dilakukan untuk melihat kualitas produk hasil pelapisan. Kualitas produk pelapisan secara *anodizing* dapat diketahui dengan melakukan beberapa cara pengujian antara lain: pengamatan secara visual, *wear resistance*, uji ketahanan korosi, uji ketahanan adhesi, pengujian ketebalan pelapisan dan banyaknya pelapisan. Pengamatan secara *visual* dilakukan dengan cara mengamati hasil keseluruhan permukaan pelapisan dengan mata telanjang

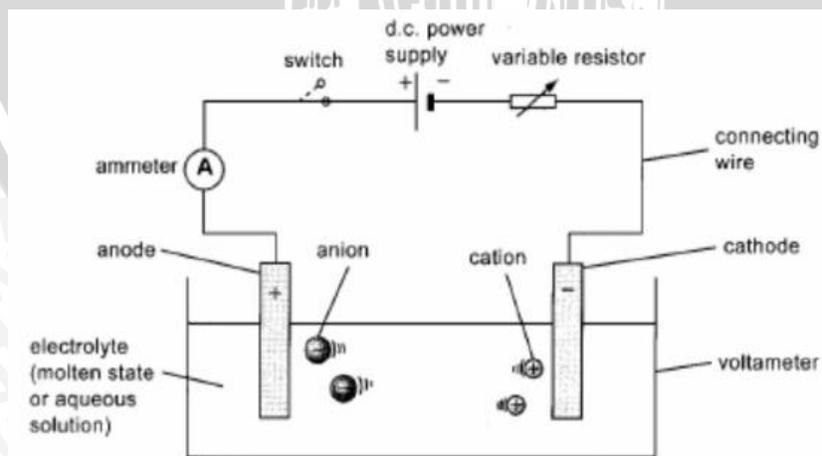
(tanpa menggunakan alat). Lapisan *anodic film* harus seragam dan bebas dari retak, pecah serta tidak adanya daerah penyerbukan.

Sifat ketahanan korosi dari produk *anodizing* dapat diketahui dengan cara *salt spray*, yaitu dengan cara : bagian yang telah dilapisi direndam dalam larutan garam lalu didiamkan dalam beberapa waktu (336 jam) kemudian korosi yang terjadi dapat diamati. (Boyer, 1986)

2.4 Elektrolisis

Elektrolisis adalah peristiwa berlangsungnya reaksi kimia oleh arus listrik. Alat-alat yang digunakan dalam proses elektrolisis terdiri atas sel elektrolitik yang berisi elektrolit (Larutan atau leburan) dan dua elektroda yaitu anoda dan katoda. Sel tempat berlangsungnya reaksi kimia yang melibatkan arus listrik disebut sel elektrokimia. Sel elektrokimia berdasarkan energinya dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

- Sel galvanik (*Galvanic cell*). Dalam sel ini terjadi perubahan dari reaksi kimia (reaksi redoks) menjadi energi listrik. Aplikasi yang paling umum terdapat pada baterai dan *accumulator*.
- Sel elektrolitik (*Electrolytic cell*). Menggunakan energi listrik sebagai sumber energi untuk berlangsungnya reaksi kimia (reaksi redoks). Proses yang terjadi di dalam sel elektrolitik disebut elektrolisis. Proses elektrolisis menjadi dasar terjadinya proses *anodizing*. Gambar sel elektrolitik dapat dilihat seperti pada gambar 2.2 berikut:



Gambar 2.4 Skema Sel Elektrolitik

Sumber : Richardson, 2002: 46

Cara kerja sel elektrolitik adalah sebagai berikut:

1. Sumber arus listrik searah memompa elektron dari anoda ke katoda. Elektron ini kemudian 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.

2.4.1 Elektroda

Elektroda adalah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan bagian atau media non-logam dari sebuah sirkuit (misal semi-konduktor, elektrolit atau vakum). Elektroda dalam sel elektrokimia dapat disebut sebagai anoda atau katoda, kata-kata yang juga diciptakan oleh Faraday. Anoda didefinisikan sebagai elektroda dimana elektron datang dari sel elektrokimia dan oksidasi terjadi, dan katoda didefinisikan sebagai elektroda dimana elektron memasuki sel elektrokimia dan reduksi terjadi. Setiap elektroda dapat menjadi sebuah anoda atau katoda tergantung dari tegangan listrik yang diberikan ke sel elektrokimia tersebut. Berikut adalah jenis-jenis elektroda: (Michael Faraday, 1834)

- Elektroda yang digunakan untuk kegunaan medis, seperti EEG, EKG, ECT, *defibrillator*.
- Elektroda untuk teknik *Electrophysiology* dalam riset biomedical
- Elektroda untuk *electroplating*
- Elektroda untuk *cathodic protection*
- Elektroda untuk eksekusi dengan kursi listrik
- Elektroda untuk *arc welding*
- Elektroda *inert* untuk hidrolisis (terbuat dari platinum)

2.4.2 Elektrolit

Elektrolit adalah suatu zat atau senyawa yang bila dilarutkan dalam pelarut akan menghasilkan larutan yang dapat menghantarkan arus listrik. Zat cair dipandang dari sudut hantaran listriknya, dapat dibagi menjadi tiga golongan yaitu:

1. Zat cair isolator seperti air dan minyak.
2. Larutan yang mengandung ion-ion seperti larutan asam, basa dan garam. Larutan ini dapat dilalui arus listrik dengan ion-ion sebagai penghantarnya dan disertai dengan perubahan kimia.
3. Air raksa, logam cair yang dapat dialiri arus listrik tanpa ada perubahan kimia di dalamnya.

Elektrolit sering diklasifikasikan sesuai dengan kemampuannya dalam menghantarkan arus listrik. Elektrolit yang mempunyai kemampuan untuk dapat menghantarkan listrik dengan baik disebut elektrolit kuat, contohnya HI, HBr, HCl, H₂SO₄, dan HNO₃ yang bersifat asam dan NaOH, LiOH, KOH, Ca(OH)₂, RbOH, Ba(OH)₂ yang bersifat basa. Selain elektrolit kuat dan elektrolit basa kuat, juga terdapat elektrolit lemah. Elektrolit ini hanya mampu menghantarkan sedikit arus listrik. Contoh dari elektrolit lemah yaitu AgCl, Al(OH)₃, CH₃COOH dan CaCO₃. Suatu larutan dapat menghantarkan arus listrik karena terjadinya ionisasi pada senyawa yang telah dilarutkan dalam air. Contohnya adalah ionisasi yang terjadi pada larutan H₃PO₄ di bawah ini:



Di dalam larutan tersebut terbentuk ion positif yaitu (H⁺) dan ion negatif yaitu (PO₄³⁻). Karena adanya ion-ion itulah di dalam larutan H₃PO₄ timbul beda potensial (tegangan listrik) sehingga arus listrik dapat mengalir, dan larutan tersebut dapat menghantarkan listrik. Kemampuan elektrolit untuk menghantarkan listrik disebut *molar conductivity*.

$$\Lambda_m (\text{Molar Conductivity}) = \frac{1000}{c (\text{Molarity})} \quad (\text{Arthur A, 1986})$$

Contoh zat yang dapat terionisasi (zat-zat elektrolit) adalah asam, basa dan garam. Zat-zat selain asam, basa dan garam dikategorikan sebagai zat non-elektrolit, hal ini disebabkan karena zat-zat tersebut tidak mengalami proses ionisasi menjadi bentuk ion positif dan ion negatif yang sangat berperan untuk menghantarkan arus listrik.

Perbedaan dari larutan elektrolit kuat dan elektrolit lemah terletak pada jumlah partikel ion (mol ion) dari tiap 1 mol zat. Jika 1 mol zat dilarutkan ke dalam air dan semuanya terionisasi maka zat tersebut digolongkan sebagai elektrolit kuat. Sedangkan jika 1 mol zat dilarutkan ke dalam air, namun tidak semuanya terionisasi maka zat itu digolongkan sebagai elektrolit lemah. Untuk menunjukkan perbedaan elektrolit kuat dengan zat elektrolit lemah dinyatakan dengan

derajat ionisasi (α), yaitu perbandingan mol zat yang terionisasi dibagi dengan mol zat mula-mula.

$$\alpha = \frac{\text{mol zat yang terionisasi}}{\text{mol zat mula-mula}}$$

Untuk zat elektrolit kuat mempunyai derajat ionisasi sebesar = 1 dan zat lektrolit lemah mempunyai derajat ionisasi $0 < \alpha < 1$

2.5 Molaritas Larutan

Dalam ilmu kimia, molaritas (disingkat M) adalah salah satu ukuran konsentrasi larutan. Molaritas suatu larutan menyatakan jumlah mol suatu zat per liter larutan (mol/liter). Pada larutan pekat, dalam botol kemasannya biasanya diberi informasi mengenai kadar larutan dalam % dan massa jenisnya. konsentrasi larutan pekat (C) bisa dihitung dengan menggunakan rumus:

$$C = \frac{10 \times \rho \times \% \text{larutan}}{Mr}$$

Dimana:

ρ = Massa jenis larutan

Mr = Massa molekul relatif larutan

Jika larutan pekat ini akan dibuat menjadi larutan encer dengan konsentrasi X, maka jumlah larutan pekat yang nantinya harus dicampur dengan aquades (a) dapat dihitung dengan menggunakan rumus pengenceran:

$$M \times V = C \times a$$

$$a = \frac{M \times V}{C}$$

$$a = \frac{M \times V}{\{(10 \times \rho \times \% \text{larutan}) / Mr\}}$$

$$a = \frac{M \times V \times Mr}{10 \times \rho \times \% \text{larutan}}$$

Dimana:

a = jumlah larutan pekat yang harus dicampur aquades

M = Mol larutan yang ingin dibuat

V = Volume larutan

M_r = Massa molekul relative larutan

ρ = Massa jenis larutan

Contohnya, ketika kita ingin membuat larutan H_3PO_4 dengan konsentrasi 1 mol sebanyak 1000 ml dari larutan pekat H_3PO_4 85% dengan massa jenis sebesar 1,87 , maka larutan pekat yang harus dicampur dengan aquades sebanyak:

$$a = \frac{M \times V \times M_r}{10 \times \rho \times \% \text{larutan}} \quad \text{Mr. } H_3PO_4 = (1 \times 3) + 31 + (16 \times 4) = 98$$

$$a = \frac{1 \times 1000 \times 98}{10 \times 1,87 \times 85}$$

$$a = 123 \text{ ml}$$

Akan dibuat larutan sebanyak 1000 ml maka aquades yang harus ditambahkan sebanyak:

$$1000 - 123 = 877 \text{ ml}$$

Maka, untuk membuat larutan H_3PO_4 1 mol sebanyak 1000 ml, kita harus mencampur H_3PO_4 85% sebanyak 123 ml dan aquades sebanyak 877 ml.

2.6 Tegangan Listrik

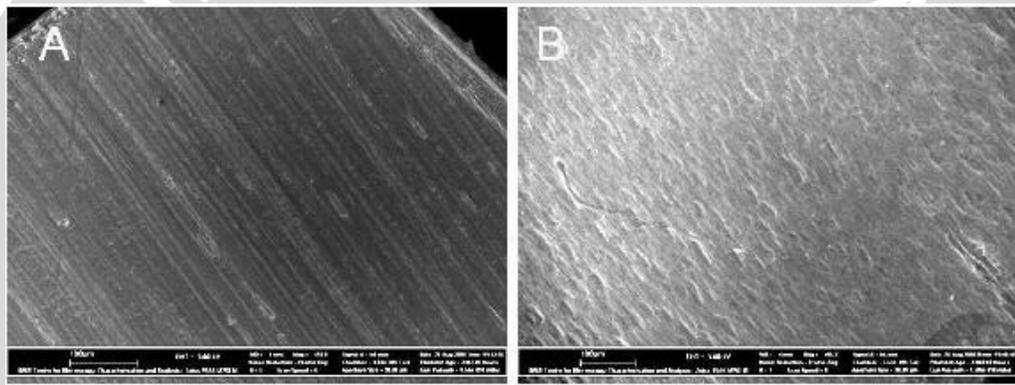
Tegangan listrik dapat didefinisikan sebagai besarnya beda potensial antara dua titik yang dialiri oleh arus listrik. Tegangan listrik diukur dalam satuan Volt. Tengan listrik timbul akibat adanya arus mengalir yang ditahan oleh suatu resistensi (hambatan) dalam suatu rangkaian. Semakin besar arus listrik yang mengalir dalam sebuah rangkaian maka tegangan listriknya juga semakin kuat.

2.7 *Pre-treatment Annealing*

Pre-treatment annealing adalah proses perlakuan panas yang dilakukan sebelum spesimen diberi pelapisan double anodizing. Proses *pre-treatment annealing* ini bertujuan untuk membentuk struktur yang lebih baik pada permukaan Al, menghilangkan tegangan dalam, dan mendapatkan kembali atau *me-recovery* sifat-sifat fisik yang berubah selama proses deformasi dingin atau proses permesinan yang dialami oleh spesimen sebelum mendapatkan *pre-treatment*

annealing sehingga tegangan dalam yang tercipta ketika spesimen awal di potong, di gerinda dan di bubut untuk memperoleh ukuran spesimen yang sesuai dengan desain, dapat dihilangkan.

Prosesnya adalah dengan memanaskan material sampai suhu tertentu, kemudian material melalui proses *holding* atau proses penahanan suhu pemanasan selama beberapa saat dan terakhir material didinginkan secara perlahan dalam dapur pemanas atau dalam media yang terisolasi. Selama proses *annealing*, ukuran butir pada Al akan semakin besar dan permukaan Al menjadi semakin kasar hingga batas butir Al dapat terlihat lebih jelas, hal ini mengakibatkan luas permukaan Al yang dapat dilapisi oleh ion-ion Ti menjadi semakin luas (Poinern, 2011). Berikut adalah hasil foto SEM (*Scanning Electron Microscopy*) yang menunjukkan perbedaan struktur permukaan Al yang diberi perlakuan *annealing* dan Al tanpa perlakuan *annealing*.



Gambar 2.5. (A) Aluminium tanpa perlakuan *annealing* (B) Aluminium setelah diberi perlakuan *annealing*. (Perbesaran : 100 μ m)

Sumber: Sumber : Poinern, 2011: 492

2.8 Uji Kekerasan (Micro Hardness Tester)

Kekerasan merupakan kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau beban penekanan dari gaya yang diberikan. Pengujian kekerasan merupakan pengujian untuk mengetahui nilai kekerasan suatu material. Salah satu alat yang digunakan pada pengujian kekerasan ini adalah micro hardness tester dengan metode vikers. Indentor yang digunakan berupa piramida intan yang alasnya berbentuk persegi dan besar sudut puncak piramidnya adalah 136°. Nilai kekerasan vikers didapat dengan persamaan berikut:

$$\text{VHN} = \frac{F}{A} \times \sin \frac{136^\circ}{2} \quad (\text{Tata Surdia, 1999})$$

Dimana:

VHN = Nilai kekerasan Vickers

F = Beban Uji (gram)

A = Luas permukaan bekas injakan indentor (mm)

2.9 Pengertian Ketahanan Aus (*Wear Resistant*)

Ketahanan aus dapat didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan gesekan (friksi) antar padatan tanpa mengalami kerusakan atau kehilangan material yang progresif pada permukaan. Ketahanan aus bukan merupakan sifat dasar material, melainkan merupakan respon dari material terhadap sistem yang terjadi di lingkungannya atau respon material terhadap (kontak permukaan) dengan material yang lain. Ketahanan aus dapat diketahui dengan berbagai macam metode salah satunya adalah dengan perhitungan nilai keausan spesifik. Nilai keausan spesifik dipengaruhi oleh lebar jejak spesimen yang terkelupas atau mengalami keausan akibat gesekan terus-menerus dengan *revolving disk* saat dilakukan pengujian keausan dengan metode Ogoshi. Semakin lebar jejak spesimen yang terkelupas, mengindikasikan bahwa spesimen yang diuji lebih mudah mengalami keausan. Jika jejak keausan spesimen semakin lebar maka nilai keausan spesifik yang didapat akan semakin tinggi, maka dapat disimpulkan bahwa nilai keausan spesifik berbanding terbalik dengan ketahanan aus material, semakin rendah nilai keausan spesifik, maka nilai ketahanan aus dari suatu material akan semakin tinggi.

2.10 Metode Pengujian Ogoshi

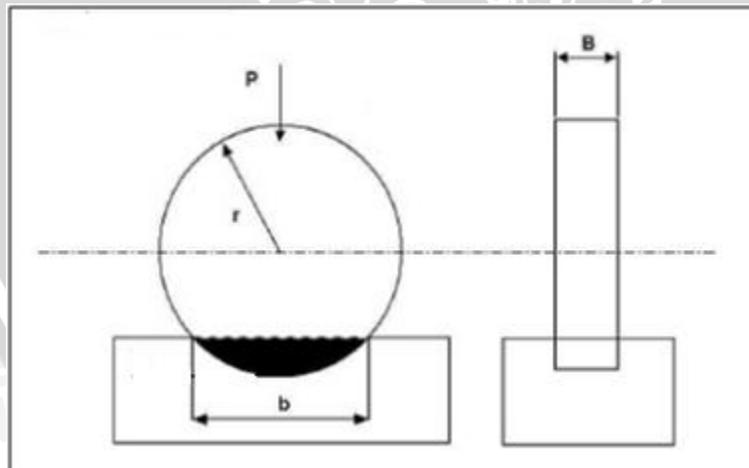
Pengujian keausan dapat dilakukan dengan berbagai macam metode dan teknik yang semuanya bertujuan untuk menstimulasi kondisi keausan aktual. Salah satu metode yang dapat dipakai adalah metode Ogoshi dimana benda uji memperoleh beban gesek dari sebuah cincin yang berputar (*revolving disk*). Adanya pembebanan gesek ini akan menghasilkan kontak dan gesekan terus menerus pada permukaan material uji yang pada akhirnya akan menyebabkan material kehilangan sebagian permukaannya. Besar jejak permukaan material yang tergesek atau hilang saat pengujian digunakan sebagai dasar untuk menentukan tingkat keausan pada material. Semakin besar dan dalam jejak keausan maka semakin tinggi volume material yang terkelupas dari benda uji. sehingga semakin tinggi nilai keausan spesifik hasil perhitungan maka ketahanan aus dari material uji semakin rendah.

Material yang digunakan sebagai bahan dari revolving disk adalah baja HSS (*High Speed Steel*) yang memiliki tingkat kekerasan yang tinggi, sehingga bila diberi beban penekanan dan digesekan terus-menerus pada material uji (Aluminium), maka sebagian permukaan dari material uji akan terkelupas dan mengalami keausan.



Gambar 2.6 Alat Uji Keausan Ogoshi

Ilustrasi skematis dari kontak permukaan antara material dan *revolving disk* selama pengujian Ogoshi diberikan oleh gambar 2.7 berikut ini:



Gambar 2.7 Skema Metode Ogoshi

Untuk mengetahui nilai keausan spesifik digunakan rumus dengan parameter sebagai berikut:

$$W_s = \frac{B \cdot b^3}{8 \cdot r \cdot p_0 \cdot l_0}$$

(Sriati Djaprie. 1993)

Keterangan :

 W_s = Keausan spesifik (mm^2/kg)B = Tebal *revolving disk* (mm) b^3 = Lebar celah material yang terabrasir = Jari-jari *disk* (mm) P_0 = Beban tekan (kg) l_0 = Jarak tempuh proses pengausan

Beban tekan dan jarak tempuh proses pengausan bergantung pada gear ratio yang digunakan saat pengujian Ogoshi. Berikut diberikan tabel hubungan gear ratio, beban tekan, dan jarak tempuh proses pengausan.

Tabel 2.2 Beban tekan dan jarak tempuh proses pengausan.

Gear Ratio	36/108	48/96	12/12	96/48	108/36
Beban Tekan (kg)	2,12	3,18	6,36	12,72	19,08
Jarak tempuh proses pengausan (mm)	66,6	100	200	400	600

Sumber : Handbook of High Speed Abrasion Testing Machine

2.11 Uji Scanning Electron Microscopy (SEM)

Mikroskop elektron scanning (SEM) menggunakan sinar terfokus dengan elektron energi tinggi untuk menghasilkan berbagai sinyal pada permukaan spesimen padat. Sinyal yang berasal dari interaksi elektron-sampel mengungkapkan informasi tentang sampel termasuk morfologi eksternal (tekstur), komposisi kimia, dan struktur kristal dan orientasi bahan yang membentuk sampel. Pada kebanyakan aplikasi, data dikumpulkan melalui area tertentu dari permukaan sampel, dan gambar dua dimensi yang dihasilkan yang menampilkan variasi spasial dalam sifat ini. Daerah mulai dari sekitar 1 cm sampai 5 mikron lebar dapat dicitrakan dalam modus

pemindaian menggunakan teknik SEM konvensional (perbesaran mulai dari 20X menjadi sekitar 30.000 X, resolusi spasial dari 50 sampai 100 nm). SEM juga mampu melakukan analisis terpilih lokasi titik pada sampel, pendekatan ini sangat berguna dalam kualitatif atau semi-kuantitatif menentukan komposisi kimia (menggunakan EDS), struktur kristal, dan orientasi kristal (menggunakan EBSD). (Carleton, 2011).

Alat uji SEM seperti pada gambar 2.8 pada pengujian kali ini digunakan untuk memperlihatkan ketebalan luar dan dalam dari hasil pelapisan double hard anodizing aluminium.



Gambar 2.8 Alat Scanning Electron Microscopy (SEM)

2.12 Hipotesis

Hipotesis yang dapat diambil adalah jika tegangan listrik yang dialirkan saat proses *anodizing* semakin besar, maka proses terjadinya pertukaran elektron akan menjadi semakin cepat, sehingga ketebalan lapisan Ti pada permukaan Al akan bertambah dan ketahanan aus Al akan meningkat. Peningkatan konsentrasi mol larutan elektrolit dalam proses double anodizing, akan membuat jumlah ion dalam larutan menjadi semakin banyak dan mengakibatkan ion-ion Ti menjadi semakin sulit bergerak dan berpindah pada permukaan Al, sehingga mengakibatkan ketahanan Al terhadap keausan akan menurun.