

**PERBANDINGAN KEKERASAN ALUMINIUM HASIL ANODIZING
MENGUNAKAN ELEKTROLIT ASAM SULFAT, ASAM
KROMAT DAN ASAM OKSALAT**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Disusun Oleh:

REBUT CATUR PRASETYO

Nim. 0001063180-62

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN MESIN
MALANG
2007**



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena hanya dengan limpahan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Perbandingan Kekerasan Aluminium Hasil Anodizing Menggunakan Elektrolit Asam Sulfat, Asam Kromat Dan Asam Oksalat”**.

Skripsi ini dibuat oleh penulis sebagai salah satu persyaratan bagi mahasiswa jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Atas dukungan dan bantuan dari semua pihak sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr.Slamet Wahyudi,ST., MT. selaku Ketua Jurusan Mesin.
2. Bapak Ir. Tjuk Oerbandono, M.Sc.,CSE selaku Sekretaris Jurusan Mesin.
3. Bapak Ir. Djarot Darmadi, MT selaku Ketua Kelompok Konsentrasi Produksi.
4. Bapak Ir. Wardi Kasim, MT. Selaku dosen pembimbing pertama.
5. Bapak Eko Siswanto, ST, MT. Selaku dosen pembimbing kedua.
6. Keluarga tercinta terutama Ibu Sri Widianti dan Mas Yudha yang selama ini telah memberi doa dan segalanya demi terciptanya cita- cita penulis dalam menuntut ilmu.
7. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Mesin 2000 (Gendro, Eko Yul, Yudhi, Kristin, Sofi, Jono, Kuro, Oriza, Amink, Teo, Haryo, Eka)dan semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung ikut membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Dengan keterbatasan ilmu yang penulis miliki, tentunya skripsi ini masih jauh dari sempurna sehingga memerlukan banyak masukan. Untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi kesempurnaannya. Semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi pembaca.

Malang, Juli 2007

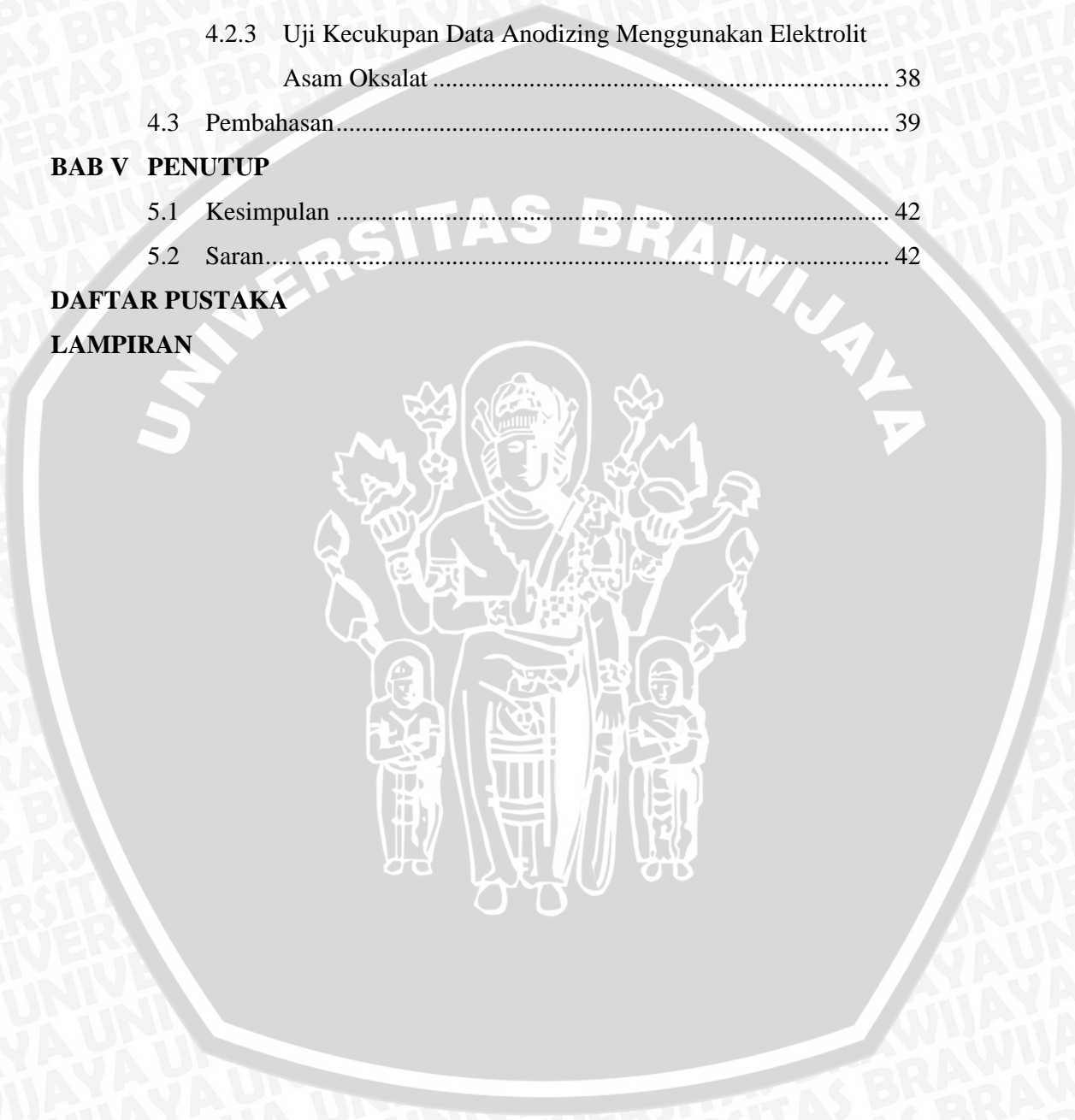
Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR DAN GRAFIK	vi
DAFTAR SIMBOL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
RINGKASAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Sebelumnya	3
2.2 Aluminium	3
2.2.1 Klasifikasi Paduan Aluminium	4
2.3 Pengaruh Unsur Paduan	6
2.4 Pelapisan Logam (<i>Metal Coating</i>)	7
2.4.1 Pencelupan Panas (<i>Hot Dipping</i>)	8
2.4.2 Sementasi (<i>Cementation</i>)	8
2.4.3 Semprotan Metal (<i>Metal Spray</i>).....	8
2.4.4 Pelapisan Listrik.....	8
2.5 Langkah-Langkah Pelapisan Anodik Pada Aluminium.....	9
2.5.1 <i>Degreasing</i>	10
2.5.2 <i>Rinsing</i>	11
2.5.3 <i>Etching</i>	11
2.5.4 <i>Desmuting</i>	11

2.5.5	Anodizing.....	11
2.5.6	Coloring	12
2.5.7	Sealing.....	12
2.5.8	Drying	12
2.6	Reaksi Elektrokimia	13
2.7	Elektrolit.....	15
2.7.1	Elektrolit Basa (<i>Base Electrolyte</i>).....	15
2.7.2	Elektrolit Garam (<i>Molten Salt Electrolyte</i>).....	15
2.7.3	Elektrolit Asam (<i>Acidic Electrolyte</i>).....	15
2.7.3.1	Asam Sulfat (<i>Sulphuric Acid</i>)	16
2.7.3.2	Asam Kromat (<i>Chromic Acid</i>)	17
2.7.3.3	Asam oksalat (<i>Oxalic Acid</i>)	17
2.8	Reaksi Redoks.....	17
2.9	Potensial Elektroda.....	19
2.10	Pembentukan Lapisan Oksida.....	20
2.11	Pengujian Kekerasan.....	25
2.12	Hipotesa.....	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		
3.1	Metode Penelitian.....	28
3.2	Tempat Dan Waktu Penelitian	28
3.3	Variabel Yang Diteliti	28
3.3.1	Variabel Bebas	28
3.3.2	Variabel Yang Dikonstankan	28
3.3.3	Variabel Terikat	29
3.4	Skema Alat Penelitian	29
3.5	Benda Kerja.....	29
3.6	Alat Penelitian.....	30
3.6.1	Pengujian Kekerasan Material Hasil <i>Anodizing</i>	30
3.7	Prosedur Penelitian.....	31
3.8	Rancangan Penelitian	32
BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN		
4.1	Data Penelitian	34
4.2	Uji Kecukupan Data Observasi.....	34

4.2.1	Uji Kecukupan Data Anodizing Menggunakan Elektrolit Asam Sulfat	35
4.2.2	Uji Kecukupan Data Anodizing Menggunakan Elektrolit Asam Kromat	36
4.2.3	Uji Kecukupan Data Anodizing Menggunakan Elektrolit Asam Oksalat	38
4.3	Pembahasan.....	39
BAB V PENUTUP		
5.1	Kesimpulan	42
5.2	Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		



DAFTAR TABEL

No	Judul Tabel	Halaman
Tabel 2.1	Hasil Penelitian Sato	3
Tabel 2.2	Sifat-Sifat Mekanis Aluminium Murni	4
Tabel 2.3	Standar Paduan Aluminium	6
Tabel 2.4	Sifat-Sifat Asam Sulfat	16
Tabel 2.5	Sifat-Sifat Asam Kromat	17
Tabel 2.6	Sifat-Sifat Alumina	21
Tabel 3.1	Format Tabel Uji Kecukupan Data Observasi	32
Tabel 4.1	Data Hasil Pengujian Kekerasan	34
Tabel 4.2	Data Pengujian Kecukupan Data Hasil <i>Sulphuric Acid Anodizing</i>	35
Tabel 4.3	Data Pengujian Kecukupan Data Hasil <i>Cromic Acid Anodizing</i>	36
Tabel 4.4	Data Pengujian Kecukupan Data Hasil <i>Oxalic Acid Anodizing</i>	38
Tabel 4.5	Kekerasan Hasil <i>Anodizing</i> Pada Berbagai Elektrolit	40

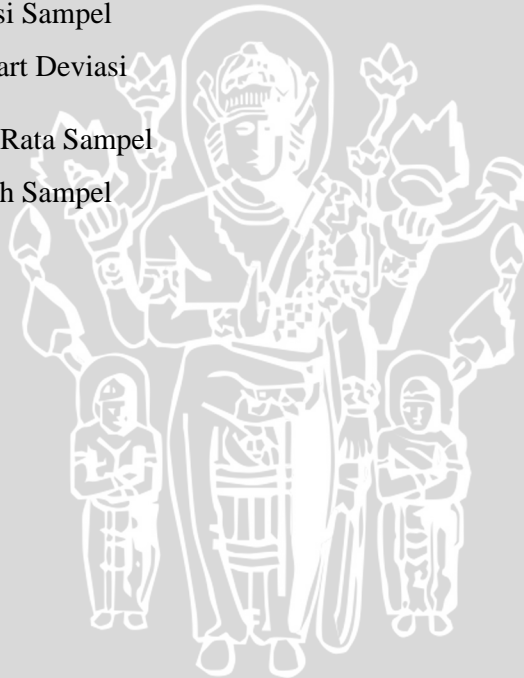
DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Diagram Alir Proses <i>Anodizing</i>	10
Gambar 2.2	Sel Elektronik	13
Gambar 2.3	Lapisan Oksida Yang Terbentuk Proses <i>Anodizing</i>	21
Gambar 2.4	Perbedaan Asam Monoprotik Dan Asam Diprotik	22
Gambar 2.5	Jenis Lapisan Oksida	23
Gambar 2.6	Alasan Lapisan Oksida Mempunyai Ketebalan Maksimum	24
Gambar 2.7	<i>Sonohard</i> SH – 21	26
Gambar 2.8	Skema <i>Sonohard</i>	26
Gambar 3.1	Skema Alat Penelitian	29
Gambar 3.2	Benda Kerja	29
Gambar 3.3	Diagram Alir Penelitian	31
Gambar 4.1	Grafik Hasil <i>Anodizing</i> Pada Berbagai Jenis Elektrolit	40



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Arti	Satuan
DA	Tingkat Ketelitian	%
CL	Tingkat Keyakinan	%
N'	Kecukupan Data Observasi	-
n_i	Nomer Sampel	-
X_i	Data Observasi	-
S	Tingkat Ketelitian	-
k	konstanta	-
σ^2	Variasi Sampel	-
σ	Standart Deviasi	-
\bar{x}	Rata- Rata Sampel	-
n	Jumlah Sampel	-



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data kekerasan hasil *anodizing*

Lampiran 2. Data Perhitungan statistik kekerasan *anodizing* asam Sulfat.

Lampiran 3. Data Perhitungan statistik kekerasan *anodizing* asam Kromat

Lampiran 4. Data Perhitungan statistik kekerasan *anodizing* asam Oksalat.

Lampiran 5. Surat Keterangan Pengujian Kekerasan.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



RINGKASAN

REBUT CATUR PRASETYO, Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2007, Perbandingan Kekerasan aluminium Hasil Anodizing Menggunakan Elektrolit Asam Sulfat, Asam Kromat Dan Asam Oksalat. Dosen Pembimbing : Ir. Wardi Kasim, MT Dan Eko Siswanto, ST, MT.

Penggunaan logam aluminium untuk menggantikan logam besi dan baja mengalami peningkatan, ini dikarenakan aluminium memiliki beberapa keunggulan diantaranya adalah aluminium termasuk logam yang ringan dan mudah dibentuk sesuai keperluan. Selain itu, aluminium juga banyak dipakai sebagai logam yang dilapisi, seperti pada *anodizing*. Hasil anodizing dari berbagai macam elektrolit telah diketahui berdampak pada kekerasan permukaan aluminium atau disebut alumina.

Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kekerasan aluminium hasil *anodizing* menggunakan asam sulfat, asam kromat dan asam oksalat. Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian eksperimental nyata. Dengan variabel bebasnya adalah dari tiga jenis elektrolit, yang kemudian dilakukan pengujian untuk mendapatkan variabel terikatnya, yaitu kekerasan permukaan logam aluminium hasil *anodizing*.

Setelah dilakukan percobaan *anodizing* pada konsentrasi larutan 15% selama 30 menit, didapatkan hasil bahwa kekerasan permukaan rata-rata aluminium hasil *anodizing* tertinggi dihasilkan menggunakan elektrolit asam kromat sebesar 600,8 HVN, dilanjutkan asam oksalat 526,4 HVN dan asam sulfat 507 HVN.

Kata Kunci : Aluminium, *Anodizing*, Jenis Elektrolit.



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Dewasa ini penggunaan logam aluminium untuk menggantikan logam besi dan baja mengalami peningkatan. Peningkatan penggunaan aluminium ini dikarenakan logam aluminium memiliki beberapa keunggulan diantaranya adalah aluminium termasuk logam yang ringan dan mudah dibentuk sesuai keperluan. Selain itu dengan memadukan unsur logam yang lain dan proses perlakuan panas akan dihasilkan aluminium paduan dengan sifat fisik dan sifat mekanis yang menyaingi logam besi dan baja

Aluminium mempunyai sifat yang mudah berikatan kimia dengan air, oleh karena itu aluminium oksida dapat terbentuk dengan mudah. Apabila aluminium diletakkan pada tempat yang lembab atau dibiarkan dalam udara bebas dalam waktu yang cukup lama, maka akan terbentuk lapisan oksida yang sangat tipis hanya beberapa angstrom ($1 \text{ angstrom} = 10^{-8} \text{ cm}$). Lapisan oksida ini disebut dengan “lapisan oksida natural”. Oleh karena lapisan ini sangat tipis dan porositasnya relatif tinggi, maka belum bisa digunakan untuk proteksi terhadap korosi dan goresan.

Apabila aluminium digunakan sebagai anoda pada proses elektrolisis dengan menggunakan larutan elektrolit, maka akan terbentuk lapisan oksida. Proses elektrolitik ini biasa disebut dengan “*Anodizing Aluminium*”. Jika logam lain seperti tembaga atau seng yang dipakai sebagai anoda dan dielektrolisis, maka logam ini akan pudar atau terlarut dalam larutan dan tidak terbentuk lapisan oksida.

Penelitian tentang *anodizing* pernah dilakukan oleh Sato (1997) dengan hasil bahwa besar perbedaan elektrolit menghasilkan perbedaan jumlah pori pada lapisan permukaan aluminium hasil *anodizing*, namun pada penelitian tersebut belum diverifikasi dengan sifat mekanis hasil *anodizing* khususnya kekerasan permukaan. Oleh sebab itu diperlukan suatu penelitian untuk mengetahui pengaruh perbedaan jenis elektrolit terhadap kekerasan permukaan aluminium hasil *anodizing*.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana perbandingan kekerasan aluminium hasil *anodizing* menggunakan elektrolit asam sulfat , asam kromat dan asam oksalat?

1.3 Batasan Masalah

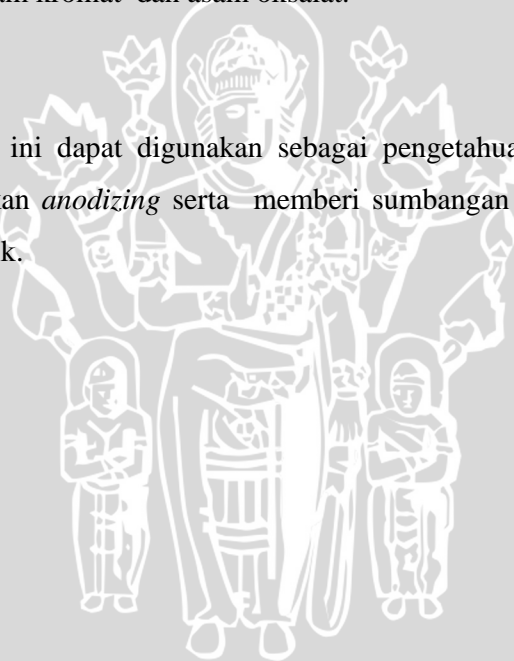
Penelitian difokuskan pada perbandingan kekerasan hasil *anodizing* menggunakan tiga macam elektrolit asam sulfat, asam kromat dan asam oksalat.

1.4 Tujuan

Mengetahui perbandingan kekerasan aluminium hasil *anodizing* menggunakan elektrolit asam sulfat , asam kromat dan asam oksalat.

1.5 Manfaat

Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai pengetahuan dalam pemilihan elektrolit dalam melakukan *anodizing* serta memberi sumbangan pengetahuan dalam teknologi pelapisan anodik.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Sato, (1997) telah melakukan penelitian yang menjelaskan bahwa jumlah pori permukaan aluminium hasil *anodizing* dipengaruhi oleh kondisi *anodizing* yakni jenis elektrolit yang digunakan selama *anodizing* dan beda potensial yang diberikan saat elektrolisis. Semakin tinggi beda potensial listrik yang diberikan maka jumlah pori yang terbentuk akan semakin sedikit dan mempengaruhi kekerasan aluminium hasil *anodizing* seperti tabel 2.1.

Tabel 2.1 Hasil penelitian Sato

Anodizing Condition		Number of Pores ($\times 10^8/\text{m}^2$)
Sulphuric acid bath	20 V	76
	40 V	52
	60 V	28
Oxalic acid bath	20 V	35
	40 V	11
	60 V	6
Chromic acid bath	20 V	22
	40 V	8
	60 V	4
Phosporic acid bath	20 V	19
	40 V	8
	60 V	4

2.2 Aluminium

Aluminium memiliki penampakan fisik yang mengkilat dan ringan. Logam ini tergolong logam yang reaktif, sehingga logam ini dalam lingkungan udara terbuka akan

segera bereaksi dengan oksigen dari udara untuk membentuk oksida aluminium. Lapisan oksida yang terbentuk ini sangat keras, namun demikian lapisan oksida yang terbentuk secara alami ini sangat terbatas karena begitu lapisan ini terbentuk maka reaksi pembentukan lapisan oksida yang lebih lanjut akan terhenti hal ini disebabkan oleh sifat lapisan oksida itu sendiri yang mempunyai sifat menghalangi reaksi lebih lanjut antara logam aluminium dengan udara. Secara mekanis sifat-sifat dari logam aluminium banyak memiliki kekurangan, namun demikian ada beberapa sifat dari logam aluminium yang sangat menguntungkan. sifat-sifat mekanis dari logam aluminium murni dicantumkan pada tabel 2.2 berikut .

Tabel 2.2 Sifat-sifat Mekanis Aluminium Murni

Properties	
Name, Symbol, Number	Aluminium, Al, 13
Atomic mass	26.9815386(8) g/mol
Crystal structure	Cubic Face Centered
Thermal conductivity	(300 K) 237 W/(m·K)
Electrical resistivity	(20 °C) 26.50 nΩ·m
Thermal expansion	(25 °C) 23.1 μm/(m·K)
Young's modulus	70 GPa
Shear modulus	26 GPa
Bulk modulus	76 GPa
Poisson ratio	0.35
Mohs hardness	2.75
Vickers hardness	167 MPa
Brinell hardness	245 MPa
Solid density	2.70 g/cm ³
Liquid density	2.375 g/cm ³
Melting point	933.47 K (660.32 °C, 1220.58 °F)
Boiling point	2792 K (2519 °C, 4566 °F)
Heat of fusion	10.71 kJ/mol
Heat of vaporization	294.0 kJ/mol
Heat capacity	(25 °C) 24.200 J/(mol·K)

(<http://en.wikipedia.org/wiki/Aluminium>)

2.2.1 Klasifikasi Paduan Aluminium

Paduan aluminium diklasifikasikan dalam berbagai standar oleh berbagai negara di dunia. Saat ini klasifikasi yang terkenal adalah standar Aluminium Association di Amerika (AA) yang didasarkan atas standar yang terdahulu dari Alcoa (Aluminium Company of Amerika). Paduan tempaan dinyatakan dengan satu huruf atau dua huruf

“S”, sedangkan paduan coran dinyatakan dengan tiga huruf “S”. Standar AA menggunakan penandaan dengan empat angka (Surdia, 2000:135) sebagai berikut:

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

Aluminium dapat diklasifikasikan menurut paduannya, sebagai berikut:

1. Jenis Al-murni (seri 1000)

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

2. Jenis paduan Al-Cu (seri 2000)

Paduan Al-Cu adalah jenis yang dapat di-*heat treatment*. Sifat mekanik paduan ini dapat menyamai sifat dari baja lunak, tetapi daya tahan korosinya rendah bila dibandingkan dengan paduan yang lainnya. Sifat mampu lasnya juga kurang baik, karena itu paduan jenis ini biasanya digunakan pada konstruksi keling dan banyak sekali digunakan dalam konstruksi pesawat terbang seperti duralumin (2017) dan super duralumin (2024).

3. Jenis paduan Al-Mn (seri 3000)

Paduan Al-Mn adalah jenis yang tidak dapat di-*heat treatment* sehingga untuk menaikkan kekuatannya hanya dapat diusahakan melalui pengerjaan dingin dalam proses pembuatannya. Bila dibandingkan dengan jenis Al murni, paduan ini mempunyai daya tahan korosi, mampu potong dan sifat mampu las yang sama. Kekuatan pada paduan jenis ini lebih unggul dari pada Al murni.

4. Jenis Paduan Al-Si (seri 4000)

Paduan Al-Si termasuk jenis yang tidak dapat di-*heat treatment*. Jenis ini dalam keadaan cair mempunyai sifat mampu alir yang baik dan dalam proses pembekuannya hampir tidak terjadi retak.

5. Jenis Paduan Al-Mg (seri 5000)

Paduan Al-Mg termasuk paduan yang tidak dapat di-*heat treatment*, tetapi mempunyai daya tahan korosi yang baik, terutama korosi oleh air laut, dan dalam sifat mampu lasnya. Paduan Al-Mg digunakan tidak hanya dalam konstruksi umum, tetapi juga untuk tangki-tangki penyimpanan gas alam cair dan oksigen cair.

6. Jenis Paduan Al-Mg-Si (seri 6000)

Paduan Al-Mg-Si termasuk dalam jenis yang dapat di-*heat treatment* dan mempunyai sifat mampu potong, mampu las, dan tahan korosi yang cukup.

7. Jenis Paduan Al-Zn (seri 7000)

Paduan Al-Zn termasuk jenis yang dapat di-*heat treatment*. Biasanya kedalam paduan pokok Al-Zn ditambahkan Mg, Cu, dan Cr. Kekuatan tarik yang dapat dicapai lebih dari 50 kg/mm², sehingga paduan ini dinamakan juga ultra duralumin. Berlawanan dengan kekuatannya, sifat mampu las dan daya tahannya terhadap korosi kurang menguntungkan, dibawah ini adalah tabel 2.3 Standar Paduan Aluminium.

Tabel 2.3. Standar Paduan Aluminium

Standar AA	Standar Alcoa Terdahulu	Keterangan
1001	1S	Al murni 99,5% atau di atasnya
1100	2S	Al murni 99,0% atau di atasnya
2010-2029	10S-29S	Cu merupakan unsur paduan utama
3003-3009	3S-9S	Mn merupakan unsur paduan utama
4030-4039	30S-39S	Si merupakan unsur paduan utama
5050-5086	50S-69S	Mg merupakan unsur paduan utama
6061-6069	50S-69S	Mg ₂ Si merupakan unsur paduan utama
7070-7079	70S-79S	Zn merupakan unsur paduan utama

Sumber: Surdia, 1999:135

2.3 Pengaruh Unsur Paduan

Untuk menutupi kekurangan dari sifat logam aluminium sering logam ini dipadukan dengan logam lain untuk mendapatkan sifat-sifat mekanis yang sesuai dengan kebutuhan. Pengaruh utama yang disebabkan oleh penambahan unsur paduan dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. Tembaga (Cu)

Pengaruh tembaga dalam paduan aluminium adalah dapat meningkatkan kekuatan aluminium pada temperatur tinggi. Paduan aluminium yang mengandung tembaga merupakan paduan yang memiliki sifat mampu mesin yang baik.

b. Silikon (Si)

Pengaruh yang nampak dalam penambahan silikon adalah dapat memperbaiki sifat mampu cornya. Selain itu paduan silikon akan meningkatkan ketahanan korosinya, baik dengan adanya penambahan unsur lainnya atau tidak. Pengaruh buruk akibat penambahan silikon ini adalah dapat menurunkan kemampuan mesinnya.

c. Magnesium (Mg)

Magnesium digunakan untuk meningkatkan ketahanan karatnya. Bila dipadukan dengan silikon juga, daya tahan karatnya akan menjadi semakin bagus. Magnesium tidak menyebabkan berkurangnya sifat *ductile* logam aluminium. Selain itu magnesium mampu meningkatkan sifat mampu mesin dan mampu bentuknya.

d. Mangan (Mn)

Mangan mampu meningkatkan ketahanan karat aluminium, jika mangan digunakan bersama-sama dengan magnesium maka kekuatan aluminium juga akan meningkat.

e. Nikel (Ni)

Perpaduan aluminium dengan nikel akan meningkatkan kekerasan aluminium. Jika penggunaan paduan nikel digunakan bersama-sama dengan mangan maka kedua paduan logam tersebut akan sangat efektif dalam memperbaiki keuletan aluminium.

f. Seng (Zn)

Paduan Al dengan Zn akan menambah kekuatan aluminium. Kekuatan paduan aluminium dengan Zn yang maksimum adalah 5-6% dengan sejumlah Mg dan Cu yang lebih sedikit.

2.4 Pelapisan Logam (*Metal Coating*)

Pelapisan logam adalah metode pelapisan permukaan suatu material dengan menggunakan logam. Pelapisan logam umumnya bertujuan untuk meningkatkan

kekerasan permukaan dan ketahanan korosi. Pelapisan logam ini dapat dibagi menjadi empat macam berdasarkan cara pelapisannya (Widharto, 1999: 110).

2.4.1 Pencelupan Panas (*Hot Dipping*)

Pencelupan panas adalah proses pelapisan logam induk dengan logam pelindung dengan cara pencelupan. Logam induk yang akan dilapisi dicelup kedalam bak yang berisi lelehan logam pelapis. Ikatan logam akan terbentuk antara logam yang dilindungi dengan logam pelapis. Pengaturan ketebalan lapisan pada proses ini sulit dilakukan. Pada bagian bawah lapisan biasanya akan terbentuk lapisan yang lebih tebal dan permukaan atas akan cenderung lebih tipis. Meskipun demikian pada proses ini seluruh logam akan terlapisi. Satu hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan pelapisan logam dengan cara pencelupan panas, yaitu logam induk harus mempunyai titik lebur yang lebih tinggi dari titik lebur logam pelapis.

2.4.2 Sementasi (*Cementation*)

Pelapisan dengan cara ini dilakukan dengan jalan mengguling-gulingkan logam yang akan dilindungi kedalam campuran serbuk metal pelindung dan fluk yang tepat pada suhu yang tinggi, sehingga menyebabkan metal pelindung tadi terdifusi pada permukaan metal yang dilindungi.

2.4.3 Semprotan Metal (*Metal Spray*)

Proses ini dikerjakan dengan cara menyemprotkan logam pelapis dari piston semprot dengan menggunakan udara, oksigen dan gas pembakar. Logam pelapis ditiupkan ke logam induk dengan kecepatan yang tinggi sampai pada titik lelehnya. kemudian logam pelapis yang keluar dari piston semprot berbentuk serbuk halus dan panas yang akan menempel pada logam yang dilapisi. Hasilnya berupa lapisan pelindung yang berpori namun dapat dibuat sangat lekat dan dengan ketebalan sesuai dengan yang dikehendaki.

2.4.4 Pelapisan Listrik

Pada pelapisan listrik digunakan proses elektrolisis dengan melibatkan dua elektroda yang dialiri arus listrik searah. Elektroda yang dihubungkan dengan kutub positif (+) disebut sebagai anoda, sedangkan elektroda yang dihubungkan dengan kutub

negatif (-) disebut sebagai katoda. Pelapisan dengan listrik ini dapat dibedakan menjadi dua, yaitu pelapisan katodik dan pelapisan anodik.

a. Pelapisan Katodik

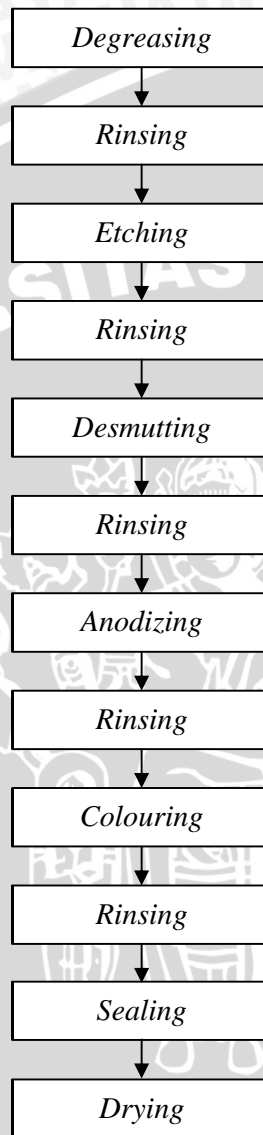
Pelapisan katodik adalah pelapisan listrik dengan menggunakan proses elektrolisis dengan tujuan untuk melapisi logam yang digunakan sebagai katoda, dengan cara mengorbankan anoda. Salah satu aplikasi dari pelapisan katodik adalah elektroplating nickel.

b. Pelapisan Anodik

Pelapisan anodik dilakukan melalui proses elektrokimia dengan tujuan agar benda kerja teroksidasi. Pada pelapisan anodik, massa logam yang bertindak sebagai katoda tidak akan berkurang, berbeda dengan pelapisan listrik jenis katodik dimana logam yang bertindak sebagai anoda dikorbankan untuk melapisi katoda sehingga terjadi pengurangan massa pada logam yang bertindak sebagai anoda. Salah satu aplikasi dari pelapisan anodik adalah *anodizing* aluminium.

2.5 Langkah-langkah Pelapisan Anodik pada Aluminium

Untuk melakukan pelapisan anodik ada beberapa langkah yang harus dikerjakan secara berurutan guna mendapatkan hasil yang optimum. Sebelum benda kerja *dianodizing* ada beberapa langkah *pre-treatment* yang perlu dilakukan seperti *degreasing*, *rinsing*, *etching* dan *desmutting*, setelah proses diatas selesai proses *anodizing* bisa dilakukan, setelah *anodizing* selesai bisa dilanjutkan dengan *finishing*. Guna lebih jelasnya langkah-langkah dalam melakukan pelapisan anodik pada aluminium dapat dilihat dalam diagram alir 2.1 berikut ini.



Gambar 2.1 Digram Alir Proses Anodizing

2.5.1 *Degreasing*

Degreasing adalah langkah pertama yang biasa dilakukan dalam proses pelapisan anodik. *Degreasing* dilakukan untuk menghilangkan oli atau lemak yang terdapat pada permukaan aluminium sebelum di *anodizing*. Pembersihan yang dilakukan biasanya menggunakan larutan *asam*. *Degreasing* atau pembersihan dengan

menggunakan larutan asam ini biasa dilakukan dengan menggunakan larutan asam sulfat dengan temperatur dari 20°C sampai 70°C dan dilakukan dalam waktu antara 5 sampai 15 menit.

2.5.2 *Rinsing*

Rinsing adalah proses pembersihan benda kerja dengan menggunakan air murni. *Rinsing* ini dilakukan berulang-ulang pada tiap tahapan *pre-treatment* Tujuan dari *rinsing* itu sendiri adalah untuk menghilangkan sisa-sisa zat kimia yang terbawa dari proses sebelumnya.

2.5.3 *Etching*

Etching dilakukan dengan tujuan untuk menghaluskan permukaan dan menghilangkan film oksida aluminium alami yang terdapat pada permukaan logam aluminium. Oksida aluminium akan hancur karena akan bereaksi dengan larutan alkali seperti soda api (*caustic soda*) oleh sebab itu *etching* dilakukan dengan cara merendam aluminium dalam larutan *caustic soda* (NaOH). Temperatur *caustic soda* yang digunakan umumnya adalah sekitar 60°C sampai 75°C dan dilakukan dalam waktu 10 hingga 25 menit tergantung kehalusan permukaan yang diinginkan.

2.5.4 *Desmuting*

Pada proses *etching* terjadi reaksi antara lapisan oksida dan soda api sehingga dimungkinkan terjadi pori dan bercak hitam dipermukaan aluminium, dengan demikian pori dan bercak itu perlu dihilangkan. *Desmutting* adalah cara yang digunakan untuk menghilangkan pori dan bercak hitam akibat dari proses *etching*. *Desmuting* dilakukan dengan cara merendam spesimen pada larutan asam nitrat pada temperatur 25°C-35 °C, selama 10 sampai 20 menit.

2.5.5 *Anodizing*

Anodizing adalah proses elektrolisis aluminium dengan tujuan membentuk lapisan oksida. Logam aluminium ditempatkan sebagai anoda sedangkan untuk katoda digunakan logam lain yang inert. Pada proses *anodizing* dihasilkan lapisan oksida pada aluminium yang diposisikan sebagai anoda dan pelepasan gas H₂ pada sisi katoda

(<http://www.alu-info.dk/html/alulib/modul/A00292.htm>). Reaksi yang terjadi pada saat *anodizing*, dapat dilihat pada persamaan reaksi dibawah ini:

- Reaksi yang terjadi pada anoda adalah sebagai berikut:



(aluminium teroksidasi menjadi Al^{3+} , yang kemudian berikatan dengan oksigen hasil dari pemecahan air untuk membentuk lapisan oksida pada sisi anoda)

- Reaksi yang terjadi pada katoda adalah sebagai berikut:



(ion H^+ yang merupakan hasil dari pemecahan molekul air tereduksi pada sisi katoda yang kemudian menjadi gas H_2)

- Reaksi redoks yang terjadi pada saat proses *anodizing* berlangsung.



(jadi pada *anodizing* dihasilkan lapisan alumina (Al_2O_3) pada anoda dan pelepasan gas H_2 pada katoda)

2.5.6 Coloring

Lapisan oksida yang terbentuk pada proses *anodizing* memiliki pori, dimana pori ini dapat diisi dengan pewarna. *Coloring* adalah proses pemberian warna pada pori-pori lapisan oksida tersebut. *Coloring* dilakukan dengan cara mencelupkan aluminium hasil *anodizing* pada larutan pewarna dengan temperatur sekitar 70 °C. Perlu diketahui bahwa pemberian warna pada pori lapisan oksida ini bersifat permanen artinya warna tidak akan hilang selama lapisan oksida tersebut tidak rusak.

2.5.7 Sealing

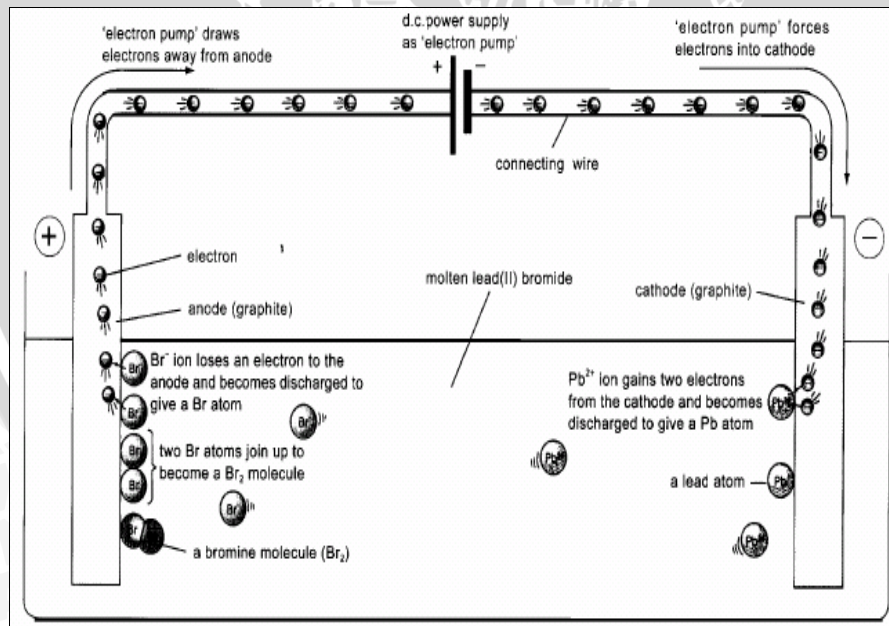
Sealing adalah proses pemanasan benda kerja dengan uap air, dengan tujuan untuk membentuk kristal, guna menutup pori. *Sealing* biasanya juga dilakukan dengan cara mencelupkan specimen pada air yang mendidih.

2.5.8 Drying

Drying adalah langkah paling akhir dalam pelapisan anodik dimana benda kerja dikeringkan. Proses pengeringan ini bisa dilakukan dengan pengelapan atau menaruhnya ditempat terbuka yang bersih dan kering.

2.6 Reaksi Elektrokimia

Elektrokimia adalah ilmu yang mempelajari aspek elektronik dari reaksi kimia. Elemen yang digunakan dalam reaksi elektrokimia dikarakterisasikan dengan banyaknya elektron yang dimiliki. Elektrokimia secara umum terbagi dalam dua kelompok, yaitu sel galvanik dan sel elektrolitik. Sel galvanik adalah sel elektrolitik dimana reaksi kimia yang terjadi dalam sel menghasilkan arus listrik. Contoh dari sel galvanik adalah baterai dimana reaksi kimia didalam sel membangkitkan energi listrik yang dapat digunakan sebagai sumber energi untuk perangkat elektronik. Sedangkan sel elektrolitik adalah sel elektrokimia yang menggunakan energi listrik sebagai sumber energi untuk berlangsungnya reaksi kimia. Proses yang terjadi dalam sel elektrolitik biasa disebut elektrolisis. Contoh dari sel elektrolisis dapat dilihat pada gambar 2.2 dibawah ini



Gambar 2.2 Sel Elektrolitik

Pada sel elektrolisis reaksi yang terjadi akan sangat bergantung dari besarnya arus listrik yang mengalir melalui selnya. Untuk itu ada beberapa hal yang dapat dilakukan untuk memperbesar arus yang mengalir dalam sel elektrolisis, diantaranya

adalah:

1. Meningkatkan beda potensial antar elektroda, yang dilakukan dengan menaikkan tegangan dari catu daya. Dengan kenaikan tegangan yang mengalir pada sirkuit maka secara tidak langsung arus yang mengalir melewati sel lektrolisis akan menjadi semakin besar. Dengan besarnya arus listrik yang mengalir pada sel lektrolisis maka gerak ion-ion yang terdapat dalam larutan akan menjadi semakin cepat, sehingga reaksi yang terjadi akan semakin cepat.
2. Menurunkan resistansi dalam sirkuit dengan cara:
 - a. Mengatur variabel resistor pada resistansi rendah, dengan cara ini maka arus yang mengalir pada sel elektrlisis akan lebih besar dari sebelumnya.
 - b. Memperpendek jarak dua elektroda, hal ini sesuai dengan hukum ohm yang menyatakan bahwa resistansi dalam suatu kawat penghantar akan berbanding lurus dengan panjang dari kawat itu sendiri, oleh karena itulah jika diinginkan nilai resistansi dari suatu penghantar menjadi kecil maka harus diusahakan agar penghantar itu dibuat sependek mungkin.
 - c. Menggunakan elektroda dengan permukaan yang luas, nilai resistansi dari suatu penghantar akan berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar tersebut. Jadi dengan memperluas penampang elektroda yang digunakan untuk proses elektrolisis maka arus yang melalui penghantar akan semakin besar.
 - d. Meningkatkan konsentrasi larutan elektrolit, dengan penambahan konsentrasi larutan elektrolit berarti kita menambahkan jumlah ion-ion yang terdapat dalam larutan. Dengan bertambahnya jumlah ion yang terlarut dalam larutan maka arus yang dilairkan persatuan waktunya akan menjadi semakin besar.
3. Mengurangi efek polarisasi, adanya gelembung yang terjadi selama proses elektrolisis berlangsung akan dapat mengganggu gerak ion-ion yang terdapat dalam larutan yang akan mengakibatkan lambatnya gerak ion-ion sehingga reaksi akan berjalan lambat.
4. Meningkatkan temperatur elektrolit, dengan meningkatnya temperatur elektrolit maka gerakan dari ion-ion yang terdapat dalam elektrolit akan semakin cepat, dengan demikian reaksi yang terjadi juga akan berlangsung cepat.

2.7 Elektrolit

Elektrolit adalah komposisi kimia yang akan terpisah menjadi ion-ion apabila dilarutkan dalam pelarutnya, sehingga larutan elektrolit dapat menghantarkan arus listrik. Secara umum larutan elektrolit dapat dibedakan menjadi 3 macam (Stephen, 2004: 2).

2.7.1 Elektrolit Basa (*Base Electrolyte*)

Elektrolit basa adalah elektrolit yang bila dilarutkan dalam air akan terbentuk ion OH^- , misalnya adalah Natrium Hidroksida (*Caustic Soda*). Natrium Hidroksida adalah senyawa kimia yang berikatan secara ionik, yang terdiri dari ion Na^+ dan ion OH^- . Jika larutan ini dilarutkan dalam air, maka senyawa ini akan terurai sempurna menjadi ion-ion penyusunnya yaitu ion Na^+ dan ion OH^- .

2.7.2 Elektrolit Garam (*Molten Salt Electrolyte*)

Elektrolit garam adalah larutan elektrolit yang apabila dilarutkan dalam air akan menguraikan air (H_2O) menjadi ion H^+ dan OH^- . Contoh dari elektrolit garam ini adalah larutan natrium klorida (NaCl). Pada umumnya garam terbentuk dari reaksi antara asam kuat dengan basa kuat, untuk contoh diatas natrium klorida merupakan hasil reaksi antara basa kuat natrium hidroksida (NaOH) dengan asam kuat hidrogen klorida (HCl).

2.7.3 Elektrolit Asam (*Acidic Electrolyte*)

Elektrolit asam (*acidic electrolyte*) adalah elektrolit yang bila dilarutkan dalam air akan membentuk ion H^+ , misalnya adalah asam klorida (HCl) yang apabila dilarutkan dalam air akan terurai menjadi ion H^+ dan Cl^- . Contoh yang lainnya adalah asam cuka (CH_3COOH), yang akan membentuk ion H^+ dalam larutannya. Untuk dua contoh jenis asam diatas adalah sama tetapi berbeda, untuk HCl jika dilarutkan kedalam air ia akan 100% terurai menjadi ion H^+ dan Cl^- , yang dikatakan sebagai asam kuat, sedangkan untuk asam cuka didalam larutannya hanya akan terurai sekitar 5% untuk membentuk ion H^+ dan CH_3COO^- , yang disebut sebagai asam lemah. Jadi jenis asam

dapat dibedakan berdasarkan kemampuannya untuk terurai membentuk ion H^+ dan anion pasangannya yaitu asam kuat dan asam lemah.

2.7.3.1 Asam Sulfat (*Sulphuric Acid*)

Asam sulfat memiliki rumus kimia H_2SO_4 adalah merupakan asam kuat dan dapat larut dengan air dalam semua konsentrasi. Asam sulfat (H_2SO_4), terdiri dari dua atom hidrogen, satu atom belerang dan empat atom oksigen. Asam sulfat adalah cairan yang bersifat korosif dan tak berwarna. Asam sulfat adalah asam kuat yang diperoleh dari pemecahan belerang trioksida dalam air sesuai dengan persamaan reaksi dibawah ini,

- Reaksi pemecahan belerang trioksida dalam air



Reaksi antara asam sulfat dengan air (*hidration*) adalah reaksi yang melepaskan kalor (*eksotermic*). Jika air ditambahkan kedalam asam sulfat dengan konsentrasi yang tinggi, dapat mengakibatkan larutan mendidih atau mungkin menimbulkan percikan larutan asam yang panas dan berbahaya. Oleh karena itu untuk pengenceran asam sulfat sebaiknya masukkan larutan asam sulfat pekat kedalam air dan sangat tidak dianjurkan untuk menambahkan air kedalam larutan asam. Reaksi yang terjadi antara air dan asam sulfat adalah sebagai berikut:

- Reaksi yang terjadi antara air dan asam sulfat pekat



Agar lebih jelasnya sifat-sifat dari asam sulfat akan ditabelkan pada tabel 2.4 dibawah ini.

Tabel 2.4 Sifat-sifat Asam Sulfat

Properties	
<i>Systematic name</i>	<i>Sulphuric Acid</i>
<i>Molecular formula</i>	H_2SO_4
<i>Molar mass</i>	98.08 g/mol
<i>Appearance</i>	<i>Clear, colorless</i>
<i>Density and phase</i>	1.84 g/cm ³ , liquid

<i>Melting point</i>	10 °C (283 K)
<i>Boiling point</i>	337 °C (610 K)

(http://en.wikipedia.org/wiki/Sulfuric_acid)

2.7.3.2 Asam Kromat (*Chromic Acid*)

Asam kromat memiliki rumus molekul H_2CrO_4 , dari rumus molekul tersebut terlihat bahwa asam kromat terdiri dari dua atom hidrogen, satu atom kromium dan empat atom oksigen. Larutan asam kromat adalah oksidator yang kuat yang mampu menghancurkan zat organik. Larutan ini berwarna merah kecoklatan, orange atau juga kuning tergantung dari konsentrasinya.

Kromium dengan nomor atom 24, bisa mempunyai bilangan oksidasi 0, 2^+ , 3^+ dan 6^+ . Unsur kromium (Cr_2) adalah unsur yang tidak stabil, oleh karena itu kromium yang berada diudara terbuka akan segera bereaksi dengan udara untuk membentuk *chromium trioxide* (CrO_3) atau *chromic oxide* (Cr_2O_3), dibawah ini adalah tabel 2.5 sifat-sifat asam kromat.

Tabel 2.5 Sifat-sifat Asam Kromat

Properties	
<i>Systematic name</i>	<i>Chromic acid</i>
<i>Molecular formula</i>	H_2CrO_4
<i>Molar mass</i>	100. g/mol
<i>Appearance</i>	<i>dark red solid</i>
<i>Density and phase</i>	2.70 g/cm ³ , solid
<i>Solubility in water</i>	63 g/100 ml
<i>Melting point</i>	197 °C
<i>Boiling point</i>	250 °C

(http://en.wikipedia.org/wiki/Chromic_acid)

2.7.3.3 Asam Oksalat (*Oxalic Acid*)

Asam oksalat (*oxalic acid*) memiliki rumus kimia $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, yang terdiri dari dua atom hidrogen, dua atom carbon dan empat atom oksigen. Asam oksalat merupakan asam organik yang kuat dan beracun. Asam oksalat berbentuk kristal tanpa berwarna, asam jenis ini merupakan satu-satunya asam karbon yang bersifat oksidatif sehingga sering digunakan untuk *reducing agent*.

2.8 Reaksi Redoks

Redoks (*redox*) berasal dari kata reduksi dan oksidasi, jadi reaksi redoks adalah reaksi yang didalamnya terjadi reduksi dan oksidasi secara serentak. Reduksi sendiri adalah reaksi dimana suatu unsur atau ion mengalami penurunan bilangan oksidasi, sedangkan oksidasi adalah reaksi dimana suatu unsur atau ion mengalami kenaikan bilangan oksidasi. Bilangan oksidasi adalah bilangan yang menyatakan muatan dari fase ion suatu unsur.

Reaksi pembentukan mangan oksida dengan mereaksikan mangan dengan oksigen adalah merupakan contoh reaksi redoks. Dimana unsur mangan mengalami kenaikan bilangan oksidasi dari 0 menjadi 2+ oleh karena itu mangan dikatakan mengalami oksidasi, sedangkan peran mangan dalam reaksi diatas adalah sebagai reduktor yaitu zat yang menyebabkan zat lain mengalami reduksi (dalam hal ini mereduksi O₂). Oksigen berperan sebagai oksidator yaitu zat yang mengakibatkan zat lain mengalami oksidasi (dalam hal ini meningkatkan bilangan oksidasi mangan dari 0 menjadi 2+), sementara itu oksigen sendiri mengalami reduksi (penurunan bilangan oksidasi dari 0 menjadi 2⁻). Lihat reaksi dibawah ini.

- Contoh reaksi redoks (reduksi-oksidasi)



- Persamaan setengah reaksi dari reaksi diatas adalah sebagai berikut:



Dari contoh reaksi dan penjelasan diatas dapat disimpulkan beberapa poin penting yang berhubungan dengan reaksi redoks, bahwa suatu reaksi oksidasi atau reduksi selalu diikuti dengan:

- a. Untuk reaksi oksidasi

1. Adanya pelepasan elektron, yang mengakibatkan bertambahnya bilangan oksidasi.

2. Zat yang mengalami oksidasi dikatakan teroksidasi dan berperan sebagai reduktor dalam reaksi.
3. Pada sel elektrokimia oksidasi terjadi di anoda.

b. Untuk reaksi reduksi

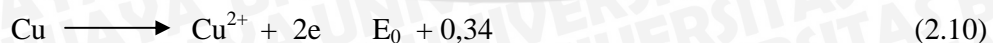
1. Terjadi penangkapan elektron, yang mengakibatkan turunnya bilangan oksidasi
2. Zat yang mengalami reduksi dikatakan tereduksi dan berperan sebagai oksidator dalam reaksi.
3. Pada sel elektrokimia reduksi terjadi di katoda.

2.9 Potensial Elektroda

Potensial elektrode standart adalah harga yang digunakan untuk menghitung energi yang timbul selama reaksi reduksi berlangsung. Harga potensial elektroda yang sebenarnya dalam suatu reaksi reduksi tidak dapat dihitung (Richardson, 2004: 25), sebab tidak ada reaksi reduksi yang berlangsung tanpa diikuti reaksi oksidasi. Oleh karena itu harga potensial elektroda yang dipakai adalah harga potensial elektroda relatif yang dibandingkan terhadap suatu elektroda standar. Itulah sebabnya harga potensial elektroda lebih tepat disebut potensial reduksi standar atau potensial elektroda standar (E_0). Elektroda yang dipakai sebagai standarisasi dalam menentukan harga potensial elektroda ini adalah elektrode hidrogen. Cara memperolehnya adalah dengan cara mengalirkan gas hidrogen murni pada elektrode platina (Pt) yang bersentuhan dengan ion asam (H^+). Sehingga terjadi kesetimbangan:



Harga potensial elektroda dari reaksi ini ditetapkan sebesar 0 volt. Kemudian harga potensial elektroda standart dari semua reaksi reduksi adalah harga yang dibandingkan terhadap harga potensial elektroda standart hidrogen, contoh:



(artinya: Cu mempunyai harga potensial elektroda 0,34 volt lebih besar dibandingkan dengan hidrogen).

Berdasarkan harga E_0 maka dapat disusun suatu deret unsur mulai dari unsur dengan harga E_0 terkecil sampai terbesar yang disebut deret volta, yaitu:

K-Ba-Ca-Na-Mg-Al-Mn-Zn-Cr-Fe-Cd-Co-Ni-Sn-Pb-H-Cu-Hg-Ag-Pt-Au

Sifat-sifat dari deret volta ini adalah:

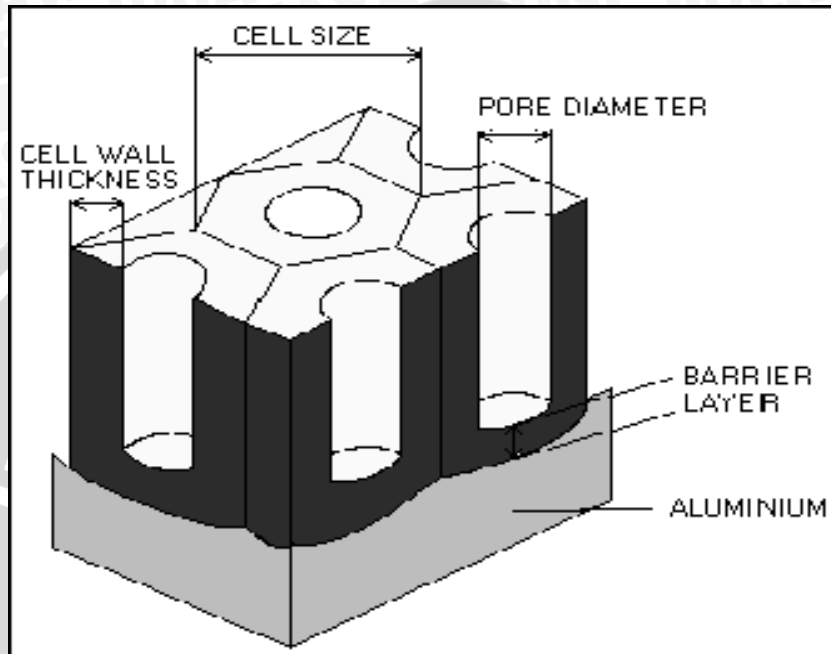
1. Logam yang terletak di sebelah kanan H memiliki harga E_0 positif sedangkan di sebelah kiri H mempunyai harga E_0 negatif.
2. Makin ke kanan letak suatu logam pada deret volta, maka harga E_0 logam tersebut semakin besar. Hal ini berarti bahwa logam-logam di sebelah kanan H mudah mengalami reduksi dan sulit teroksidasi. Logam ini disebut logam yang pasif atau logam mulia.
3. Makin ke kiri, harga E_0 dari logam semakin kecil yang berarti logam tersebut sulit tereduksi dan mudah teroksidasi. Logam ini disebut logam yang aktif.

2.10 Pembentukan Lapisan Oksida

Alumina adalah sebutan yang sering digunakan untuk oksida aluminium. Dengan nomor atom 13, logam aluminium mempunyai konfigurasi elektron 2, 8, 3, dengan tiga elektron dilintasi terluarnya logam ini mudah teroksidasi menjadi Al^{3+} dengan melepaskan 3 elektron, dengan demikian logam ini tergolong logam yang reaktif. Dengan sifat reaktif yang dimilikinya logam aluminium didalam udara terbuka akan segera bereaksi dengan oksigen dari udara untuk membentuk oksida aluminium (Al_2O_3). Lapisan oksida yang terbentuk ini mempunyai kekerasan yang lebih tinggi dari logam induknya serta mempunyai sifat tahan korosi, oleh karenanya lapisan oksida yang terbentuk secara alami ini mempunyai ketebalan yang sangat tipis, karena begitu lapisan oksida ini terbentuk maka reaksi pembentukan oksida yang lebih lanjut akan terhenti karena terhalang oleh lapisan oksida yang telah terbentuk dari proses oksidasi sebelumnya. Salah satu cara yang bisa dilakukan untuk mempertebal lapisan oksida ini adalah dengan cara perlakuan *anodizing*.

Lapisan oksida yang terbentuk dari perlakuan *anodizing* mempunyai struktur atom hexagonal dengan pori ditengahnya dan lapisan oksida yang terbentuk ini menyatu

dengan logam induknya, sehingga sulit untuk mengelupas. Untuk lebih jelasnya lapisan oksida yang terbentuk ini dapat dilihat pada gambar 2.3 (Skandaluminium, 1997: 295), sedangkan untuk sifat-sifat dari alumina dapat dilihat pada tabel 2.6 dibawah ini.



Gambar 2.3 Lapisan Oksida Yang Terbentuk Dari Proses *Anodizing*

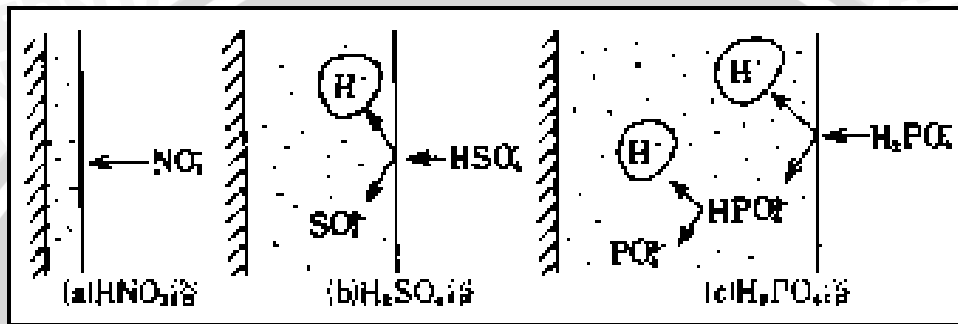
Tabel 2.6 Sifat-sifat Alumina

Properties	
<i>Molecular formula</i>	Al ₂ O ₃
<i>Molar mass</i>	101.96 g/mol
<i>Elastic Modulus</i>	375 GPa
<i>Shear Modulus</i>	152 GPa
<i>Bulk Modulus</i>	228 GPa
<i>Poisson's Ratio</i>	0.22
<i>Compressive Strength</i>	2600 MPa
<i>Hardness</i>	1440 Kg/mm ²
<i>Density and phase</i>	3.97 g/cm ³ , solid
<i>Melting point</i>	2054 °C
<i>Boiling point</i>	~3000 °C
<i>Thermal Conductivity</i>	18 W/m·K
<i>Heat capacity C_p</i>	79.04 J/(mol K)

([http://en.wikipedia.org/wiki/Aluminium oxide](http://en.wikipedia.org/wiki/Aluminium_oxide))

Larutan elektrolit yang sering digunakan untuk proses *anodizing* adalah larutan asam sulfat, namun demikian pada kenyataannya lapisan oksida dapat terbentuk juga

pada jenis larutan elektrolit yang lain. Khusus untuk penggunaan elektrolit asam, bahwa pembentukan lapisan oksida tidak akan terjadi pada jenis asam dengan satu ion hidrogen dalam larutannya (*monoprotik*), misal asam nitrat (HNO_3). Agar terbentuk lapisan oksida jenis larutan asam yang digunakan untuk proses *anodizing* haruslah asam yang mengandung dua atom hidrogen (*diprotik*). Untuk lebih jelasnya proses pemecahan ion *monoprotik* dan *diprotik* dalam pembentukan lapisan oksida dapat dilihat pada gambar 2.4 dibawah ini (Sato, 1997: 14).



Gambar 2.4 Perbedaan Asam Monoprotik dan Diprotik (Sato, 1997: 14)

Dari gambar diatas dapat dijelaskan bahwa jika elektrolit asam yang digunakan adalah asam *monoprotik*, misal HNO_3 , maka anion dari asam ini NO_3^- tidak akan bisa menembus lapisan *barrier layer* sehingga reaksi pembentukan lapisan oksida tidak bisa berlangsung. Lain halnya jika larutan asam yang digunakan adalah asam *diprotik* misal H_2SO_4 , maka ion HSO_4^- akan bisa menembus *barrier layer* yang kemudian ion HSO_4^- tersebut akan terpisah menjadi ion H^+ dan ion SO_4^{2-} seperti terlihat dalam gambar 2.4, ion-ion H^+ dalam *barrier layer* adalah proton dan ion-ion tersebut membentuk *space charge* pada *barrier layer*. *Space charge* ini dibutuhkan dalam pembentukan oksida aluminium, *space charge* tidak terbentuk dalam *barrier layer* bila larutan yang digunakan adalah larutan asam *monoprotik*.

Reaksi penguraian dari asam *monoprotik* dan asam *diprotik* dapat dilihat pada peramaan 2.11 dan 2.12 dibawah ini

- Reaksi penguraian asam monoprotik (HNO_3) dalam larutan



(asam *monoprotik* akan langsung terurai untuk menjadi anion dan kation)

- Reaksi penguraian asam *diprotik* (H_2SO_4) dalam larutan



(asam sulfat akan terurai seperti persamaan diatas, dimana HSO_4^- akan bergerak keanoda dan pecah menjadi anion setelah menembus lapisan *barrier*)

- Penguraian HSO_4^- setelah menembus *barrier layer*



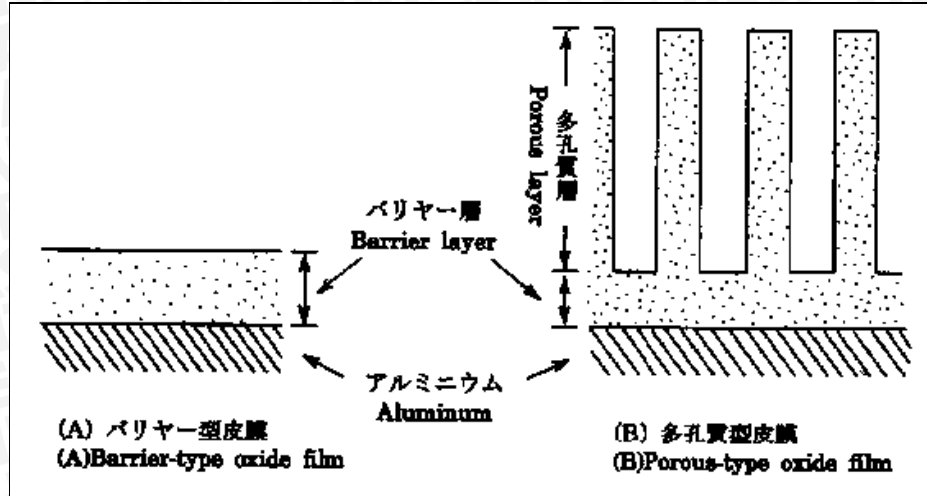
Ion HSO_4^- bukanlah anion dari asam sulfat, suatu ion disebut anion jika tidak mengandung proton (H^+). Oleh karena itu ion ini akan langsung pecah untuk membentuk anion saat menembus *barrier layer*. Namun demikian asam sulfat bisa langsung terurai menjadi anion (SO_4^{2-}) dan kationnya (H^+) jika konsentrasinya dalam larutan kurang dari 1%, untuk kasus yang demikian asam sulfat akan bersifat sama dengan asam *monoprotik* dan tidak dapat membentuk lapisan oksida jika digunakan dalam proses *anodizing*. Persamaan penguraian asam sulfat

- Reaksi penguraian asam sulfat dalam larutan dengan konsentrasi kurang dari 1%



(asam sulfat akan langsung terurai menjadi anion dan kationnya dan akan bersifat sama dengan asam *monoprotik*)

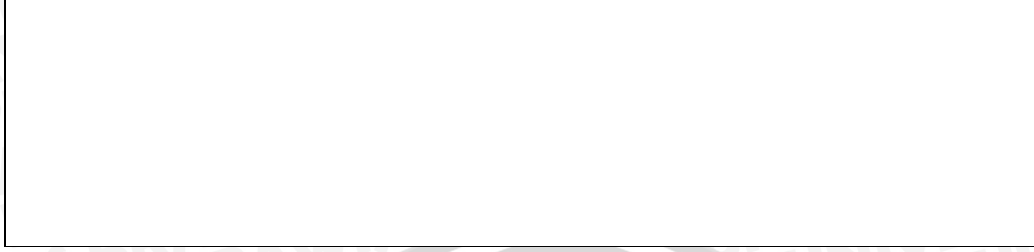
Pada proses *anodizing* akan dihasilkan dua jenis lapisan oksida yang berbeda yang tergantung dari jenis larutan elektrolit yang digunakan yaitu *barrier type oxide film* dan *porous type oxide film*. *Barrier type oxide film* adalah lapisan oksida tanpa pori, sedangkan *porous type oxide film* adalah lapisan oksida yang berpori, yang terdiri dari lapisan *barrier* dan lapisan *porous* oleh karena itulah lapisan oksida jenis ini sering disebut juga dengan *duplex films*. Jika proses *anodizing* yang dilakukan ditujukan untuk *finishing* dengan *colouring* maka lapisan oksida yang terbentuk haruslah lapisan oksida dengan pori, karena adanya pori merupakan syarat agar pewarna bisa melekat pada lapisan oksida. Dua jenis lapisan oksida ini bisa dilihat pada gambar 2.5 dibawah ini



Gambar 2.5 Dua Jenis Lapisan Oksida yaitu *Barrier Type Oxide Film* dan *Porous Type Oxide Film* (Sato, 1997: 8).

Jika larutan elektrolit yang digunakan adalah larutan asam seperti larutan asam sulfat, asam cromat dan asam oksalat, maka lapisan oksida yang nantinya terbentuk adalah lapisan oksida dengan jenis lapisan oksida berpori (*porous type oxide film*). Pada lapisan oksida dengan jenis *porous type oxide film*, ketebalan lapisan *barrier* akan dipengaruhi oleh besarnya beda potensial antara ujung-ujung elektrode, dimana semakin besar beda potensial antar ujung elektrode maka lapisan *barrier* yang terbentuk juga akan semakin tebal, namun demikian nilai dari ketebalan lapisan *barrier* tersebut ada titik maksimumnya. Sedangkan tebal dari *porous layer* tergantung dari beberapa faktor seperti waktu elektrolisis, rapat arus, jenis dan temperatur elektrolit.

Ketebalan lapisan oksida yang terbentuk selama proses *anodizing* memiliki ketebalan maksimum dan tidak mengikuti kaidah matematika, misal jika kita melakukan *anodizing* dengan lama waktu 30 menit dapat dihasilkan lapisan oksida dengan ketebalan x mikron, dalam kaidah matematika berdasar hal tersebut diatas jika kita menginginkan lapisan oksida dengan ketebalan $2x$ maka dapat kita peroleh dengan melakukan *anodizing* selama 1 jam, namun pada kenyataannya dalam *anodizing* hal ini tidak berlaku. Demikian pula untuk mendapatkan lapisan oksida dengan ketebalan tertentu diatas ketebalam maksimumnya adalah tidak mungkin, karena selama proses pembentukan lapisan oksida berlangsung reaksi pemudaran juga berlangsung, sehingga lapisan oksida mempunyai ketebalan maksimum. untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.6 dibawah ini



Gambar 2.6 Alasan Mengapa Lapisan Oksida Mempunyai Ketebalan Maksimum (Sato, 1997: 15).

Rapat arus yang digunakan selama proses *anodizing* berlangsung akan sangat mempengaruhi besar ukuran pori yang terjadi. Jika rapat arus yang digunakan selama proses *anodizing* besar maka ukuran pori yang terbentuk akan memiliki diameter yang besar pula, demikian pula sebaliknya jika rapat arus yang digunakan rendah maka pori yang terbentuk akan memiliki diameter yang kecil. Hal ini terjadi karena pori terbentuk dari adanya gaya elektrostatis dari ion elektrolit, dimana jika arus yang digunakan besar maka gaya elektrostatis dari ion ini juga akan besar dan mengakibatkan timbulnya diameter pori yang besar.

Temperatur elektrolit secara umum adalah salah satu faktor yang mempengaruhi arus yang mengalir dalam sistem elektrolisis. Dimana jika temperatur tinggi maka gerak dari ion yang ada dalam elektrolit akan semakin cepat yang mengakibatkan naiknya arus yang mengalir dalam sistem elektrolisis, demikian pula sebaliknya. Jadi pengaruh temperatur elektrolit terhadap lapisan pori yang terbentuk adalah sama dengan pengaruh rapat arus.

Porous layer atau lapisan pori adalah lapisan yang terdiri atas anion dari elektrolit asam yang digunakan, sehingga dengan penggunaan elektrolit asam yang berbeda akan dihasilkan lapisan pori yang berbeda pula. Anion adalah ion yang bermuatan negatif yang tidak mengandung proton (H^+), misalnya adalah ion $C_2O_4^{2-}$ yang merupakan anion dari asam oksalat ($H_2C_2O_4$). Setiap anion mempunyai ukuran yang berbeda yang tergantung dari besar tiap atom penyusunnya, hal ini sangat berpengaruh pada lapisan pori yang terbentuk selama proses *anodizing* berlangsung. Jika larutan elektrolit yang digunakan mempunyai anion dengan ukuran besar maka lapisan pori yang terbentuk akan memiliki kerapatan yang rendah karena akan timbul rongga yang besar diantara batas anionnya. Demikian pula sebaliknya jika larutan elektrolit yang digunakan mempunyai anion yang kecil maka pori yang terbentuk akan padat dengan celah antar anion yang kecil. Demikian pula untuk bentuk

molekul dari anion yang digunakan akan sangat mempengaruhi lapisan pori yang terbentuk, dimana anion yang memiliki bentuk molekul lebih teratur akan membentuk lapisan pori yang lebih rapat, sedangkan anion yang memiliki bentuk tidak teratur akan membentuk lapisan pori dengan kerapatan yang rendah. Kerapatan (*density*) dari lapisan pori yang terbentuk ini akan sangat berpengaruh terhadap kekerasan dan sifat ketahanan korosi dari lapisan oksida itu sendiri.

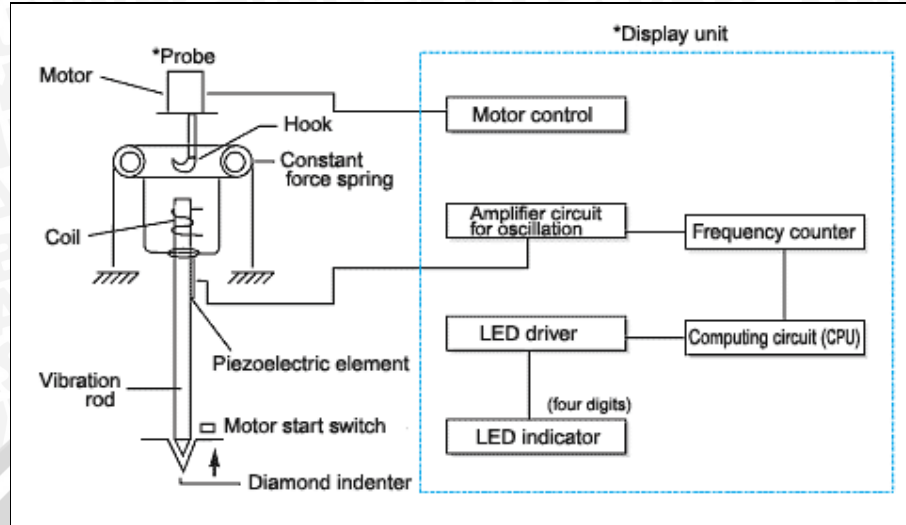
2.11 Pengujian kekerasan

Pengujian kekerasan umumnya dilakukan menggunakan Brinell, rockwell dan vicker. Semua pengujian tersebut dilakukan pada material uji yang tebal karena menggunakan sebuah bal indenter yang besar untuk penetrasi dan nilai kekerasan diperoleh dari korelasi kekerasan dengan diameter bekas penetrasi. Untuk menguji kekerasan permukaan sebuah logam yang tipis maka dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji kekerasan ultrasonic (sonohard). Berikut salah satu contoh sonohard



Gambar 2.7 Sonohard SH-21

Cara kerja sonohard dapat dilihat pada gambar 2.8 berikut



Gambar 2.8: Skema Sonohard
(<http://www.teamtech.com.sg/kawatetsu/sh75pom.html>)

Ketika vibration rod ditekan pada permukaan material uji, maka semakin lunak material uji maka akan semakin dalam penetrasinya sehingga kemampuan meresonansi frekuensinya akan semakin baik, perbedaan nilai kekerasan didapatkan melalui perbedaan resonansi frekuensi yang didapatkan. Bukan dari diameter bekas penetrasi.

2.12 Hipotesa

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Sato yang menyatakan bahwa jumlah pori terkecil didapatkan pada jenis elektrolit asam kromat, diikuti asam oksalat dan terakhir adalah asam sulfat. Sehingga diduga didapatkan perbandingan kekerasan permukaan hasil percobaan penelitian *anodizing* yang menunjukkan kekerasan rata-rata tertinggi diperoleh menggunakan elektrolit asam kromat, dan diikuti oleh asam oksalat dan asam sulfat.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian eksperimental nyata (*true experimental research*). Metode ini digunakan untuk menguji pengaruh dari suatu perlakuan terhadap suatu proses. Pengaruh dari beberapa perlakuan yang berbeda terhadap suatu proses dibandingkan sehingga diperoleh suatu pola kejadian yang saling berhubungan.

3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di CV AMD yang bertempat di Karang Ploso tepatnya di Perum. Griya Sampoerna Sejahtera Malang dan dilaksanakan mulai bulan januari 2006 sampai selesai.

3.3 Variabel Yang Diteliti

3.3.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan oleh peneliti dan ditentukan sebelum penelitian. Besar variabel bebas divariasikan untuk mendapatkan hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat sehingga tujuan penelitian dapat tercapai. Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah jenis elektrolit yakni asam sulfat, asam kromat dan asam oksalat

3.3.2 Variabel Yang Di Konstankan

Adalah variabel yang dijaga konstan selama penelitian, variabel yang dikonstankan pada penelitian ini adalah:

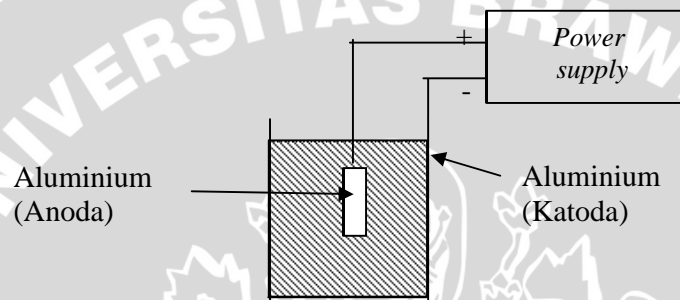
1. Beda potensial (40 Volt).
2. Konsentrasi larutan elektrolit (15%).
3. Temperatur awal elektrolit (27°C)
4. Jarak antar elektroda (14 cm)
5. Lama anodizing 30 menit

3.3.3 Variabel Terikat

Adalah variabel yang besarnya tidak dapat ditentukan sebelum penelitian, tetapi besarnya tergantung dari variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel terikatnya adalah kekerasan permukaan logam aluminium hasil *anodizing*.

3.4 Skema Alat Penelitian

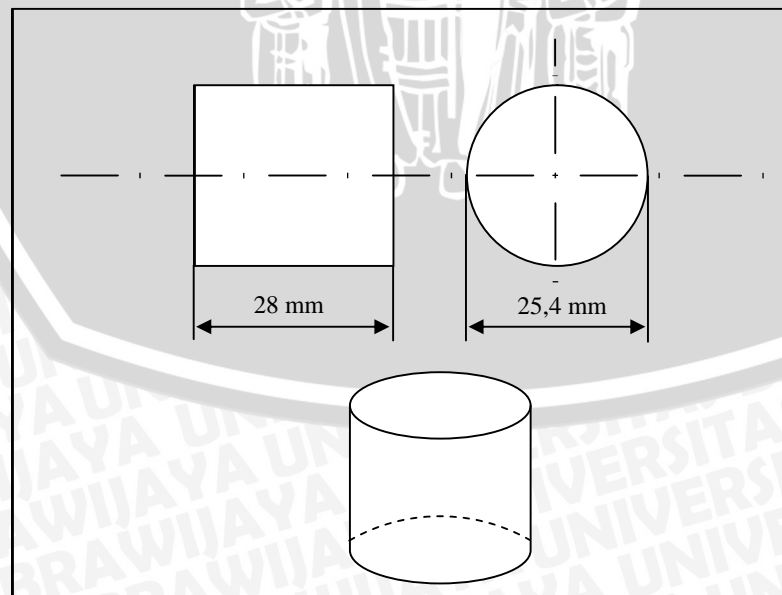
Skema alat penelitian yang digunakan dalam penelitian sesuai dengan gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 Skema alat penelitian

3.5 Benda Kerja

Benda kerja yang digunakan terbuat dari aluminium berbentuk silinder pejal dengan diameter 2,54 cm dan panjang 2,8 cm. Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.2 dibawah ini



Gambar 3.2 Benda kerja

3.6 Alat penelitian

1. *Power supply*

Power supply adalah suatu peralatan yang berfungsi menurunkan tegangan listrik serta mengubah arus listrik AC menjadi DC. *Power supply* yang digunakan dalam penelitian ini dapat merubah listrik 220 Volt AC menjadi listrik maksimum 40 V DC, dengan arus listrik maksimum 5A dan daya maksimum.

2. Bak elektrolisis

Bak elektrolisis yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 30cm dan tinggi 25cm

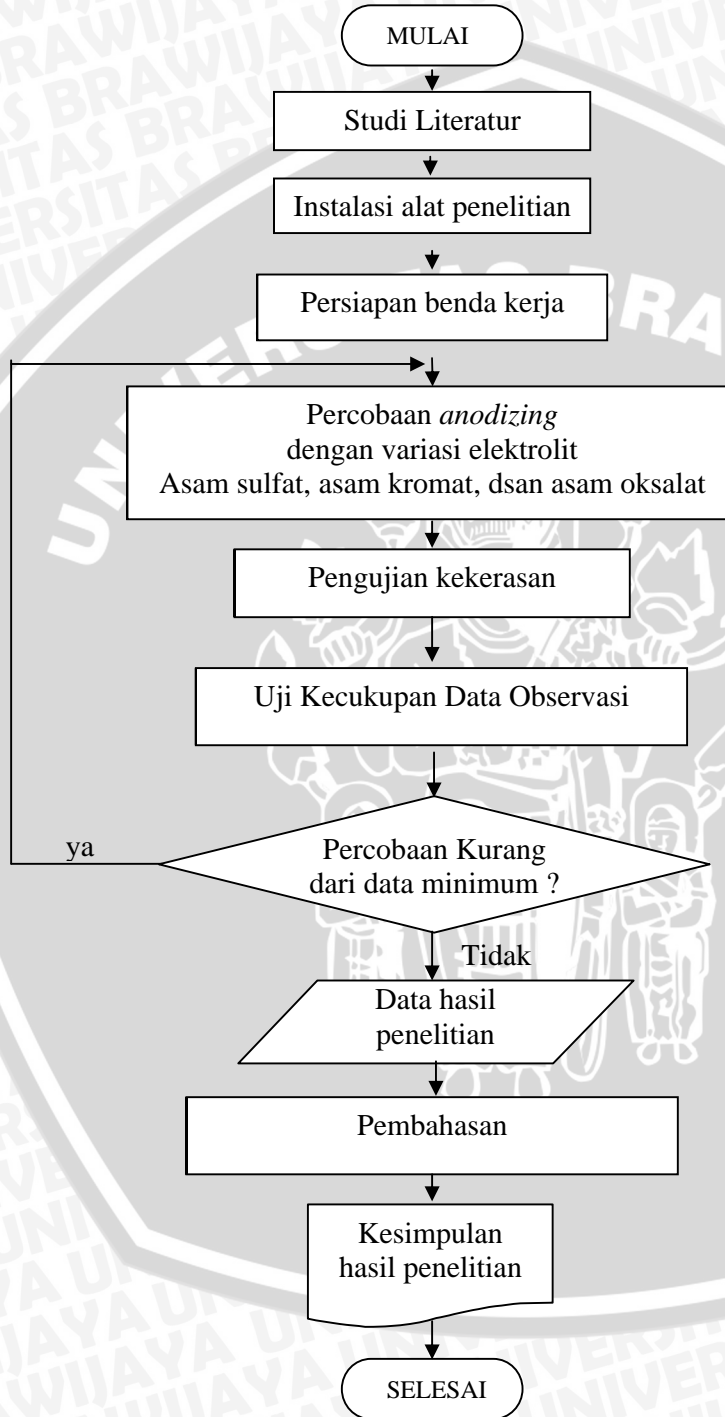
3.6.1 Pengujian kekerasan material hasil *anodizing*

Pengujian kekerasan dilakukan di Departemen Multi Skill Service PPPGT/VEDC Malang dengan menggunakan alat uji kekerasan ultrasonic (SONOHARD).



3.7 Prosedur penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini sesuai dengan diagram alir pada gambar 3.3 berikut:



Gambar 3.3. Diagram alir penelitian

3.8 Rancangan Penelitian

Percobaan tiap variasi elektrolit dilakukan sebanyak 5 kali percobaan, data-data tersebut dirata-rata dan dianalisa kecukupannya untuk mencapai tingkat keyakinan 95%, seperti table 3.1.

Tabel 3.1 Format Tabel Uji Kecukupan Data Observasi

No sampel n_i	Data observasi x_i	x_i^2	$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	x_1	x_1^2	$x_1 - \bar{x}$	$(x_1 - \bar{x})^2$
2	x_2	x_2^2	$x_2 - \bar{x}$	$(x_2 - \bar{x})^2$
3	x_3	x_3^2	$x_3 - \bar{x}$	$(x_3 - \bar{x})^2$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
n	x_n	x_n^2	$x_n - \bar{x}$	$(x_n - \bar{x})^2$
TOTAL $(\sum_{i=1}^n n_i)$	$\sum x_i$	$\sum x_i^2$	$\sum (x_i - \bar{x})$	$\sum (x_i - \bar{x})^2$

1. Mean (rata-rata) sampel

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

2. Variasi sampel (σ^2)

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

3. Standart deviasi (sampel)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

4. Tingkat ketelitian (*degree of accuracy*) DA:

$$DA = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\%$$

5. Tingkat keyakinan (*confidence level*) CL:

$$CL = 100\% - DA$$

6. Tingkat ketelitian (S) = $\frac{DA}{100}$

7. Kecukupan data observasi (N'). Sतालaksana (1999) 125-164.

$$N' = \left[\frac{\frac{k}{s} \sqrt{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}}{\sum_{i=1}^n x_i} \right]^2$$

Dengan

N' = Jumlah sample minimum

k = konstanta, 2 untuk tingkat keyakinan 95%.

n = Jumlah sampel

Jika $N' < N$ maka data cukup, dan sebaliknya jika $N' > N$ maka data tidak cukup dan perlu dilakukan pengumpulan data tambahan.

BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Penelitian

Data kekerasan rata-rata aluminium sebelum proses *anodizing* sebesar 453HV, sedangkan data kekerasan permukaan aluminium hasil *anodizing* dengan berbagai variasi ditabelkan dalam tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1. Data hasil pengujian kekerasan

	Kekerasan Permukaan (HV)		
	Asam Sulfat	Asam Kromat	Asam Oksalat
Percobaan 1	495	614	543
Percobaan 2	508	604	535
Percobaan 3	512	614	522
Percobaan 4	510	612	520
Percobaan 5	510	560	512
Rata-Rata	507	600,8	526,4

Percobaan dilakukan sebanyak 5 kali tiap variasi jenis elektrolit, selanjutnya untuk mengetahui apakah pengulangan percobaan sebanyak 5 kali tersebut dinilai cukup untuk mendapatkan tingkat keyakinan sebesar 95%, dilakukan uji kecukupan data observasi. Apabila ternyata dari uji kecukupan data observasi didapatkan data minimum (N') > 5 maka diperlukan pengambilan data tambahan melalui percobaan.

4.2. Pengolahan Data Penelitian

4.2.1. Uji Kecukupan Data Observasi

Uji kecukupan data kekerasan permukaan aluminium hasil dilakukan untuk verifikasi kecukupan data penelitian yang diperoleh dari percobaan yang dilakukan yakni sebanyak 5 kali. Jika data minimum (N') ≤ 5 maka data hasil penelitian dinilai cukup dan tidak diperlukan pengumpulan data tambahan.

4.2.1 Uji Kecukupan Data Anodizing Menggunakan Elektrolit Asam Sulfat

Tabel 4.2 adalah tabel data hasil pengukuran kekerasan permukaan aluminium hasil *anodizing* menggunakan elektrolit asam sulfat.

Tabel 4.2 Data pengujian kecukupan data hasil sulphuric acid *anodizing*

No sampel n_i	Data Observasi x_i	x_i^2	$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	495	245025	-12	144
2	508	258064	1	1
3	512	262144	5	25
4	510	260100	3	9
5	510	260100	3	9
Total	2535	1285433	0	188

1. Mean (rata-rata) sampel

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N} = \frac{2535}{5} = 507$$

2. Variasi sampel (σ^2)

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N - 1} = \frac{188}{5 - 1} = 47$$

3. Standart deviasi (sampel)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}} = \sqrt{\frac{188}{5 - 1}} = 6,85$$

4. Tingkat ketelitian (*degree of accuracy*) DA:

$$DA = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\%$$

$$DA = \frac{6,85}{507} \cdot 100\%$$

$$DA = 1,35 \%$$

5. Tingkat keyakinan (confidence level) CL:

$$CL = 100 \% - DA$$

$$CL = 100\% - 1,35 \%$$

$$CL = 98,64 \%$$

6. Tingkat ketelitian (S)

$$S = \frac{DA}{100} = \frac{1,35}{100} = 0,0135$$

7. Kecukupan data observasi (N')

$$N' = \left[\frac{2}{0,0135} \frac{\sqrt{5 \times 1285433 - (2535)^2}}{2535} \right]^2$$

$$N' = 3,2 \approx 4$$

4.2.2 Uji Kecukupan Data Anodizing Menggunakan Elektrolit Asam Kromat

Tabel 4.3 adalah tabel data hasil pengukuran kekerasan permukaan aluminium hasil *anodizing* menggunakan elektrolit asam kromat.

Tabel 4.3 Data pengujian kecukupan data hasil cromic acid *anodizing*

No sampel n_i	Data Observasi x_i	x_i^2	$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	614	376996	13	174,24
2	604	364816	3	10,24
3	614	376996	13	174,24
4	612	374544	11	125,44
5	560	313600	-41	1664,64
Total	3004	1806952	0	2149

1. Mean (rata-rata) sampel

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N} = \frac{3004}{5} = 600,8$$

2. Variasi sampel (σ^2)

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N - 1} = \frac{2149}{5 - 1} = 537,2$$

3. Standart deviasi (sampel)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{2149}{5-1}} = 23,17$$

4. Tingkat ketelitian (degree of accuracy) DA:

$$DA = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\%$$

$$DA = \frac{23,17}{600,8} \cdot 100\%$$

$$DA = 3,85 \%$$

5. Tingkat keyakinan (convidence level) CL:

$$CL = 100\% - DA$$

$$CL = 100\% - 3,18\%$$

$$CL = 96,14 \%$$

6. Tingkat ketelitian (S)

$$S = \frac{DA}{100} = \frac{3,85}{100} = 0,0385$$

7. Kecukupan data observasi (N')

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,0385} \sqrt{5 \times 1806952 - (3004)^2}}{3004} \right]^2$$

$$N' = 3,2 \approx 4$$

4.2.3 Uji Kecukupan Data Anodizing Menggunakan Elektrolit Asam Oksalat

Tabel 4.4 adalah tabel data hasil pengukuran kekerasan permukaan aluminium hasil *anodizing* menggunakan elektrolit asam oksalat.

Tabel 4.4 Data pengujian kecukupan data hasil oxalic acid *anodizing*

No sampel n_i	Data Observasi x_i	x_i^2	$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	543	294849	17	275,56
2	535	286225	9	73,96
3	522	272484	-4	19,36
4	520	270400	-6	40,96
5	512	262144	-14	207,36
Total	2632	1386102	0	617

1. Mean (rata-rata) sampel

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N} = \frac{2632}{5} = 526,4$$

2. Variasi sampel (σ^2)

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N - 1} = \frac{617}{5 - 1} = 154,3$$

3. Standart deviasi (sampel)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}} = \sqrt{\frac{617}{5 - 1}} = 12,42$$

4. Tingkat ketelitian (*degree of accuracy*) DA:

$$DA = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\%$$

$$DA = \frac{12,42}{526,4} \cdot 100\%$$

$$DA = 2,35 \%$$

5. Tingkat keyakinan (convidence level) CL:

$$CL = 100\% - DA$$

$$CL = 100\% - 2,35\%$$

$$CL = 97,64 \%$$

6. Tingkat ketelitian (S)

$$S = \frac{DA}{100} = \frac{2,35}{100} = 0,0235$$

7. Kecukupan data observasi (N')

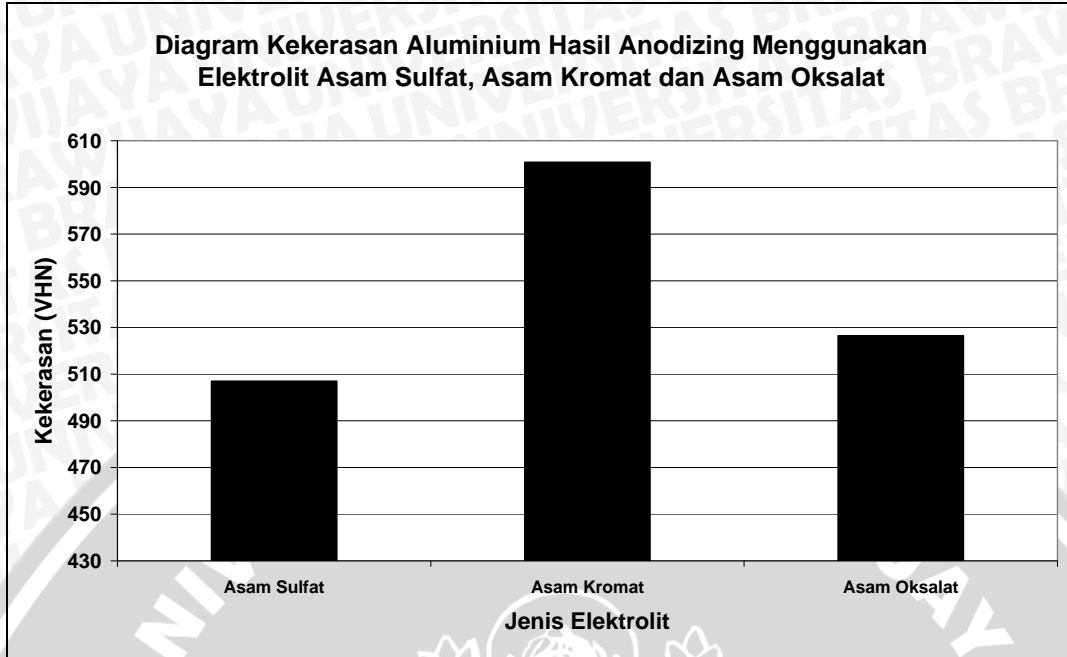
$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,0235} \sqrt{5 \times 1386102 - (2632)^2}}{2632} \right]^2$$

$$N' = 3,2 \approx 4$$

5. Pembahasan

Hasil uji kecukupan data observasi menunjukkan bahwa semua data minimum percobaan lebih kecil dari pada jumlah percobaan aktual, yang artinya bahwa jumlah percobaan yang dilakukan pada penelitian sudah cukup dengan tingkat keyakinan 95 % tanpa harus mendapatkan data tambahan.

Pada gambar 4.1 terlihat bahwa kekerasan permukaan rata-rata paling tinggi didapatkan pada aluminium hasil *anodizing* menggunakan elektrolit asam kromat yakni sebesar 600,8 VHN kemudian diikuti oleh aluminium hasil *anodizing* menggunakan elektrolit asam oksalat yakni sebesar 526,4 VHN dan kekerasan permukaan terendah didapatkan pada hasil *anodizing* menggunakan asam sulfat yakni sebesar 507 VHN.



Gambar 4.1 Grafik hasil *anodizing* pada berbagai jenis elektrolit

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Sato (1997) yakni terdapat perbedaan antara hasil *anodizing* menggunakan berbagai jenis elektrolit. Jumlah pori terkecil didapatkan pada jenis elektrolit asam kromat, diikuti asam oksalat dan terakhir adalah asam sulfat. Begitu pula kekerasan permukaan yang dihasilkan oleh ketiga jenis elektrolit tersebut. Kekerasan tertinggi didapatkan *anodizing* menggunakan asam kromat, dan diikuti oleh asam oksalat dan asam sulfat.

Tabel 4.5 adalah tabel data kekerasan hasil penelitian yang telah digabung dengan data jumlah pori dari hasil penelitian Sato.

Tabel 4.5 Kekerasan hasil *anodizing* pada berbagai elektrolit

Kondisi Anodizing		Jumlah Pori ($\times 10^8/m^2$)	Kekerasan HVN
Sulphuric acid bath	40 V	52	507
Oxalic acid bath	40 V	11	526,4
Chromic acid bath	40 V	8	600,8

Dari tabel 4.5 diatas dapat diketahui bahwa semakin sedikit jumlah pori yang terdapat pada permukaan maka kekerasannya akan meningkat. Hal ini disebabkan luasan kontak

dengan indenter semakin besar sehingga tekanan yang dihasilkan dengan gaya yang sama akan semakin kecil. Apabila tekanan yang dihasilkan kecil maka kemampuannya dalam menahan penetrasi yang menyebabkan deformasi plastis akan semakin besar yang artinya kekerasannya mengalami peningkatan. Hal ini dibuktikan juga melalui kemampuan pewarnaan permukaan tiap benda kerja hasil *anodizing*. Dari hasil percobaan didapatkan bahwa hasil *anodizing* menggunakan asam kromat akan lebih sulit diberi warna dibanding asam oksalat, dan diikuti oleh asam sulfat. Dari pernyataan tersebut dapat diketahui bahwa semakin sulit pewarnaan menunjukkan lapisan oksida akan didominasi oleh lapisan barier dibanding lapisan pori, sehingga kekerasannya didapatkan lebih tinggi.



BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan percobaan *anodizing* menggunakan elektrolit asam sulfat, asam kromat dan asam oksalat pada konsentrasi yang sama yakni 15 % didapatkan perbandingan hasil kekerasan permukaan rata-rata aluminium hasil *anodizing* dengan nilai kekerasan tertinggi dihasilkan menggunakan elektrolit asam kromat yakni sebesar 600,8 HVN dilanjutkan dengan asam oksalat 526,4 HVN dan asam sulfat 507 HVN.

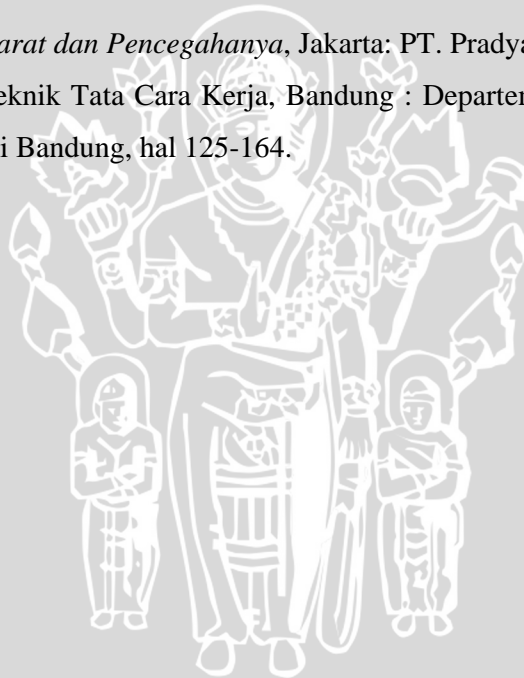
5.2. Saran

Hendaknya dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui kondisi optimum pada tiap jenis elektrolit yang digunakan untuk proses *anodizing*.



DAFTAR PUSTAKA

- Richardson, J. F., (2004), *Redox Reactions and Electrochemistry*, Boston, Butterworth-Heinemann
- Sato, T, (1997), *Theories of Anodized Aluminium-100 Q&A*:
[Http://www.mc.mat.shibaura-it.ac.jp](http://www.mc.mat.shibaura-it.ac.jp)
- Skanaluminium, (1997) *Alubook- Lexical Knowledge About Aluminium*, Nordic: European Aluminium Association (EAA)
- Sudjana,, *Metode Statistika*, edisi ke 6, Bandung, TARSITO.
- Surdia Tata, Saito Shiroku, (2000), *Pengetahuan Bahan dan Teknik*, Jakarta: PT. Pradya Paramita.
- Whidarto, Sri, (1999), *Karat dan Pencegahanya*, Jakarta: PT. Pradya Paramita..
- Sutalaksana, I., 1991, *Teknik Tata Cara Kerja*, Bandung : Departemen Teknik Industri Institut Teknologi Bandung, hal 125-164.



LAMPIRAN

1. Data hasil Anodizing

Jenis Elektrolit

	Asam Sulfat	Asam Kromat	Asam Oksalat
Percobaan 1	495	614	543
Percobaan 2	508	604	535
Percobaan 3	512	614	522
Percobaan 4	510	612	520
Percobaan 5	510	560	512
Rata-rata	507.0	600.8	526.4

2. data perhitungan statistik kekerasan anodizing asam sulfat

Asam Sulfat

n_i	x_i	x_i^2	$x_i - \bar{x}$	$[x_i - \bar{x}]^2$
1	495	245025	-12	144
2	508	258064	1	1
3	512	262144	5	25
4	510	260100	3	9
5	510	260100	3	9
Total	2535	1285433	0	188

Keterangan:

- Mean : 507
- Variasi Sampel : 47
- Standar Deviasi : 6,855655
- Tingkat Ketelitian (*degree of accuracy*) : 1,3522
- Tingkat Keyakinan (*confidence level*) : 98,6478
- UCL : 512,7226
- LCL : 162,2756
- S : 0,013522
- Kecukupan Data Observasi : 3,2

3. Data perhitungan statistik kekerasan anodizing asam kromat.

Asam Kromat

n_i	x_i	x_i^2	$x_i - \bar{x}$	$[x_i - \bar{x}]^2$
1	614	376996	13	174.24
2	604	364816	3	10.24
3	614	376996	13	174.24
4	612	374544	11	125.44
5	560	313600	-41	1664.64
Total	3004	1806952	0	2149

Keterangan:

- Mean : 600,8
- Variasi Sampel : 537,2
- Standar Deviasi : 23,17758
- Tingkat Ketelitian (*degree of accuracy*) : 3,857786
- Tingkat Keyakinan (*convidence level*) : 96,14221
- UCL : 638,9271
- LCL : 158,1539
- S : 0,038578
- Kecukupan Data Observasi : 3,2

4. Data perhitungan statistik kekerasan anodizing asam oksalat.

Asam Oksalat

n_i	x_i	x_i^2	$x_i - \bar{x}$	$[x_i - \bar{x}]^2$
1	543	294849	17	275.56
2	535	286225	9	73.96
3	522	272484	-4	19.36
4	520	270400	-6	40.96
5	512	262144	-14	207.36
Total	2632	1386102	0	617

Keterangan:

- Mean : 526,4
- Variasi Sampel : 154,3
- Standar Deviasi : 12,42176
- Tingkat Ketelitian (*degree of accuracy*) : 2,359756
- Tingkat Keyakinan (*convidence level*) : 97,64024
- UCL : 546,8338
- LCL : 160,6182
- S : 0,023598
- Kecukupan Data Observasi : 3,2

