

**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI ASAM SULFAT DAN  
TEMPERATUR ELEKTROLIT TERHADAP KEKERASAN  
PERMUKAAN ALUMINIUM HASIL ANODIZING**

**SKRIPSI**

**Konsentrasi Teknik Produksi**

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



Disusun oleh :

**KRISTIN DINI NURANI**  
**0001063163-62**

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**JURUSAN MESIN**

**MALANG**

**2007**

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, berkat rahmat dan inayah-NYA penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “Pengaruh Variasi Konsentrasi Asam Sulfat Dan Temperatur Elektrolit Terhadap Kekerasan Permukaan Aluminium Hasil Anodizing”.

Dengan selesainya penulisan skripsi ini, secara khusus penulis menyampaikan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST. MT selaku Ketua Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
2. Bapak Ir. Tjuk Oerbandono, MSc. CSE selaku Sekretaris Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Bapak Ir. Djarot Darmaji, MT selaku Ketua Kelompok Konsentrasi Teknik Produksi.
4. Bapak Ir. Sentanu selaku dosen pembimbing skripsi.
5. Bapak Moch. Syamsul Ma'arif, ST. MT selaku dosen pembimbing skripsi.
6. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini.

Akhirnya, penulis tetap mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini. Disamping itu penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan juga pembaca pada umumnya.

Malang, Juli 2007

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	vii
RINGKASAN .....	viii
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	2
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	3
2.2 Aluminium .....	3
2.3 Sifat-Sifat Aluminium.....	3
2.3.1 Kekerasan.....	3
2.3.2 Kekuatan Tarik Maksimum.....	4
2.3.3 Daya Hantar Panas.....	4
2.3.4 Daya Hantar Listrik.....	4
2.3.5 Ketahanan terhadap Korosi.....	4
2.4 Pengaruh Unsur Paduan .....	4
2.5 Alumina.....	6
2.6 Reaksi Elektro Kimia .....	7
2.7 Reaksi Redoks.....	9
2.8 <i>Anodizing</i> .....	9
2.9 Oksida Aluminium.....	11
2.10 Kekerasan .....	13

2.10.1. Pengujian Kekerasan.....	14
2.10.2 Prinsip Pengukuran Kekerasan dengan Ultrasonic Hardness Tester .	14
2.11 Hipotesa.....	15

### III. METODOLOGI PENELITIAN

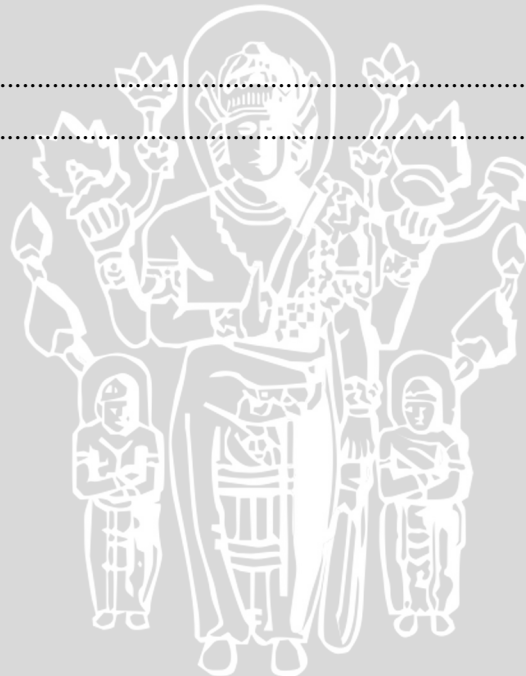
3.1 Metode Penelitian.....	16
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian .....	16
3.3 Variabel yang Diteliti.....	16
3.3.1 Variabel Bebas .....	16
3.3.2 Variabel yang Di Konstantkan .....	16
3.3.3 Variabel Terikat .....	17
3.4 Instalasi Alat Penelitian.....	17
3.5 Peralatan dan Benda Kerja .....	18
3.5.1 Peralatan yang Digunakan.....	18
3.5.2 Benda Kerja.....	19
3.6 Prosedur Penelitian.....	20
3.7 Pelaksanaan Pengujian.....	21
3.7.1 Langkah-Langkah Pelapisan Anodik pada Aluminium .....	21
3.7.2 Pengujian Kekerasan .....	23
3.8 Rancangan Penelitian.....	23
3.8.1 Analisa Statistik .....	23
3.8.1.1 Analisa Varian.....	23
3.8.1.2 Analisa Regresi .....	27
3.8.2 Analisa Grafik .....	28

### IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian.....	29
4.2 Analisa Statistik .....	29
4.2.1 Analisa Varian.....	29
4.2.2 Analisa Regresi .....	32
4.2.2.1 Analisa Regresi Konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> dengan Kekerasan Permukaan.....	32
4.2.2.2 Analisa Regresi Temperatur Elektrolit dengan Kekerasan Permukaan.....	35

4.2.2.3 Analisa Regresi Hubungan Interaksi antara Konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> dan Temperatur Elektrolit dengan Kekerasan Permukaan Aluminium .....	37
4.3 Pembahasan.....	39
4.3.1 Analisa Grafik Hubungan Konsentasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> terhadap Kekerasan Permukaan Aluminium Hasil <i>Anodizing</i> .....	39
4.3.2 Analisa Grafik Hubungan Temperatur Elektrolit terhadap Kekerasan Permukaan aluminium Hasil <i>Anodizing</i> .....	40
4.3.3 Analisa Grafik Interaksi Konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> dan Temperatur Elektrolit Terhadap Kekerasan Permukaan Aluminium Hasil <i>Anodizing</i> .....	41
 V. PENUTUP	
5.1 Kesimpulan .....	43
5.2 Saran.....	43

DAFTAR PUSTAKA  
LAMPIRAN



## DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Sifat-sifat alumina	6
Tabel 3.1	Tabel untuk perhitungan analisa varian	24
Tabel 3.2	Tabel rancangan analisa varian dua arah	26
Tabel 4.1	Data hasil pengujian kekerasan permukaan	29
Tabel 4.2	Hasil analisa varian dua arah	31
Tabel 4.3	Data kekerasan permukaan untuk temperatur elektrolit 30°C	33
Tabel 4.4	Perhitungan koefisien korelasi data kekerasan permukaan	34
Tabel 4.5	Data kekerasan permukaan untuk konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 5%	35
Tabel 4.6	Perhitungan koefisien korelasi data kekerasan permukaan	36

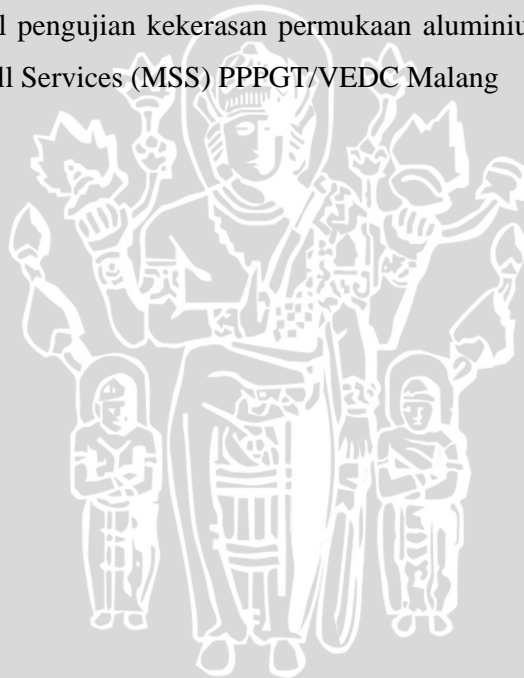


## DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Sel elektrolisis	7
Gambar 2.2	Pengaruh pH terhadap pembentukan lapisan oksida	10
Gambar 2.3	Penampang melintang lapisan oksida	12
Gambar 2.4	Perbedaan asam sulfat dan asam monoprotik	12
Gambar 2.5	Distribusi anion pada film oksida aluminium	13
Gambar 2.6	Ultrasonohard tester SH-75	14
Gambar 2.7	Skema sonohard model SH-75	15
Gambar 3.1	Instalasi alat penelitian	17
Gambar 3.2	Dimensi benda kerja	19
Gambar 3.3	Diagram alir penelitian	20
Gambar 3.4	Diagram alir proses <i>anodizing</i>	21
Gambar 4.1	Grafik hubungan konsentrasi $H_2SO_4$ terhadap kekerasan Permukaan	39
Gambar 4.2	Grafik hubungan temperatur elektrolit terhadap kekerasan Permukaan	40
Gambar 4.3	Grafik interaksi konsentrasi asam sulfat dan temperatur elektrolit Terhadap kekerasan permukaan	41

## DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul
Lampiran 1	Foto bahan dan alat <i>anodizing</i>
Lampiran 2	Surat keterangan penelitian <i>anodizing</i> dari CV. Advance Measurement Device
Lampiran 3	Laporan hasil analisis komposisi pasuan aluminium dari Lab Lingkungan Jurusan Kimia FMIPA Unibraw Malang
Lampiran 4	Laporan hasil pemeriksaan kadar larutan dari PT. BRATACO CHEMICA
Lampiran 5	Surat keterangan dari Departemen Multi Skill Services (MSS) PPPGT/VEDC Malang
Lampiran 6	Data hasil pengujian kekerasan permukaan aluminium dari Departemen Multi Skill Services (MSS) PPPGT/VEDC Malang





## RINGKASAN

KRISTIN DINI NURANI, Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2007, *Pengaruh Variasi Konsentrasi Asam Sulfat Dan Temperatur Elektrolit Terhadap Kekerasan Permukaan Aluminium Hasil Anodizing*. Dosen Pembimbing: Ir. Sentanu dan Moch. Syamsul Ma'arif, ST. MT.

Aluminium banyak digunakan dalam industri. Aluminium merupakan salah satu jenis logam yang ringan, relatif murah dan mudah didapatkan di pasaran, tetapi aluminium mempunyai ketahanan gores yang rendah. Untuk mendapatkan sifat permukaan yang keras pada permukaan aluminium dapat dilakukan dengan proses *anodizing*.

*Anodizing* adalah sebutan untuk proses elektrolisis pada pelapisan listrik anodik dimana logam yang akan di *anodizing* diposisikan pada anoda. Pada *anodizing* dihasilkan lapisan oksida pada anoda dan pelepasan gas  $H_2$  pada katoda. *Anodizing* aluminium dilakukan dengan harapan lapisan oksida yang terbentuk akan memberikan sifat protektif dan dekoratif pada aluminium tersebut.

Penelitian ini menggunakan metode true eksperimental, dengan tujuan mengetahui pengaruh variasi konsentrasi asam sulfat dan temperatur elektrolit terhadap kekerasan permukaan aluminium hasil *anodizing*.

Dari hasil pengujian kekerasan dan analisa data dapat disimpulkan bahwa variasi konsentrasi asam sulfat dan temperatur elektrolit berpengaruh terhadap kekerasan permukaan logam aluminium pada proses *anodizing*. Semakin tinggi temperatur elektrolit maka kekerasan permukaan aluminium akan mengalami penurunan. Dan peningkatan konsentrasi asam sulfat juga akan menurunkan kekerasan permukaan aluminium hasil *anodizing*. Konsentrasi asam sulfat yang ideal untuk *anodizing* adalah antara 15%-20%.

Kata kunci: *anodizing*, kekerasan, asam sulfat, temperatur elektrolit

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Dewasa ini persaingan bisnis antar industri logam sangat ketat sehingga dituntut untuk dapat menghasilkan produk logam yang dapat bersaing. Persaingan yang terjadi meliputi kualitas, kemasan dan tampilan logam. Dapat dikatakan selain produk tersebut harus berkualitas bagus, produk tersebut harus berpenampilan menarik serta dalam kemasan yang menarik pula.

Dalam aplikasinya terkadang suatu produk membutuhkan suatu logam yang ringan, tahan gores, dan warnanya menarik. Aluminium merupakan salah satu jenis logam yang ringan, relatif murah dan mudah didapatkan di pasaran, tetapi aluminium mempunyai ketahanan gores yang rendah. Untuk mendapatkan sifat permukaan yang keras dan warna yang menarik pada permukaan aluminium dapat dilakukan dengan proses *anodizing*.

*Anodizing* adalah proses pembentukan lapisan oksida pada logam melalui proses elektrolisis. Dimana lapisan oksida yang terbentuk mampu meningkatkan kekerasan permukaan aluminium. Pada umumnya *anodizing* dilakukan dengan larutan asam sulfat dan arus listrik yang digunakan adalah arus searah (DC). Dalam aplikasinya terdapat perbedaan kekerasan permukaan hasil *anodizing* aluminium antara proses *anodizing* satu dengan proses yang lain. Oleh sebab itu diperlukan suatu penelitian yang dapat menjelaskan penyebab perbedaan kekerasan yang dihasilkan antar proses *anodizing* tersebut. Penelitian tentang *anodizing* pernah dilakukan oleh Figen Kadirgan(1999). Dari penelitian tersebut disimpulkan bahwa peningkatan pH dan temperatur elektrolit saat anodisasi dapat menurunkan ketebalan lapisan oksida yang terbentuk pada permukaan aluminium hasil *anodizing*. Penelitian tersebut belum menjelaskan tentang kekerasan permukaan aluminium hasil *anodizing*, oleh sebab itu diperlukan suatu penelitian tentang faktor-faktor yang menyebabkan perbedaan hasil dari *anodizing* terutama kekerasan hasil *anodizing*.

## 1.2 Rumusan masalah

Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi asam sulfat dan temperatur elektrolit terhadap kekerasan permukaan aluminium hasil *anodizing*?

## 1.3 Batasan masalah

Agar pembahasan dari penelitian lebih terfokus, maka ditetapkan batasan masalah sebagai berikut:

1. Bahan yang digunakan adalah aluminium 3103
2. Arus listrik yang digunakan adalah arus searah (DC)
3. Temperatur ruangan konstan
4. Beda potensial yang dipakai 12 volt
5. Larutan yang digunakan asam sulfat
6. Jarak elektrode saat elektrolisis 20cm

## 1.4 Tujuan penelitian

Mengetahui pengaruh variasi konsentrasi asam sulfat dan temperatur elektrolit terhadap kekerasan permukaan aluminium hasil *anodizing*.

## 1.5 Manfaat penelitian

Hasil dari penelitian yang dilakukan ini dapat dijadikan sumbangan ilmu pengetahuan dalam bidang *anodizing* dan harapan untuk memperoleh kekerasan yang tinggi pada permukaan aluminium akan dapat tercapai.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Sebelumnya

Kardigan, F (1999) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa dengan adanya peningkatan pH dan temperatur elektrolit akan menurunkan ketebalan film oksida aluminium.

Yaimin (2000) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa semakin besar arus yang dipakai maka lapisan oksida yang diperoleh semakin tebal untuk waktu yang singkat dan pada waktu yang lama akan menurun lagi.

#### 2.2 Aluminium

Aluminium merupakan logam yang paling banyak dikandung oleh kulit bumi. Meliputi 7,8 % dari massa kulit bumi, aluminium menempati peringkat ketiga sebagai unsur penyusun kulit bumi terbanyak sesudah oksigen dan silikon. Oleh karena aluminium cukup reaktif, logam ini tidak dijumpai di alam dalam bentuk unsur bebas, melainkan dalam wujud senyawa-senyawanya. Bijih aluminium yang utama adalah bauksit ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), disamping itu aluminium juga terdapat dalam kriolit ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ), Feldspar ( $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$ ), tanah liat ( $\text{Al}_2\text{SiO}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) dan mika (K-Mg-Al silikat).

Aluminium merupakan logam yang ringan dan mengkilap. Aluminium merupakan reduktor kuat (potensial reduksinya -1,66 Volt) sehingga mudah bereaksi dengan air dan oksigen

#### 2.3 Sifat Sifat Aluminium

##### 2.3.1 Kekerasan

Aluminium murni mempunyai kandungan aluminium sebesar 99,99 % mempunyai kekerasan 17 BHN. Dengan menambahkan unsur paduan dan perlakuan panas diperoleh paduan Al dengan kekerasan yang lebih tinggi. Sebagai contoh, paduan aluminium dengan 4,5% Cu, 1,5% Mg, 0,5 % Mn yang biasa disebut paduan 2024 mempunyai kekerasan 120 BHN (Surdia, 1990:137).

### 2.3.2 Kekuatan Tarik Maksimum

Kekuatan tarik maksimum didefinisikan sebagai kekuatan tarik yang dapat ditahan oleh material sebelum putus. Harga kekuatan tarik maksimum diperoleh dengan membandingkan antar beban maksimum selama tes dengan luas penampang mula material yang di uji. Untuk aluminium dengan kemurnian 99,99% kekuatan tarik maksimum adalah  $4,9 \text{ kg/mm}^2$ .

### 2.3.3 Daya Hantar Panas

Aluminium mempunyai daya hantar panas yang baik. Hal ini dapat dilihat dari cepatnya distribusi panas dari daerah yang temperaturnya tinggi ke daerah yang temperaturnya rendah. Hal inilah yang menyebabkan aluminium digunakan sebagai peralatan pemanas atau untuk berbagai keperluan yang berhubungan dengan perpindahan panas.

### 2.3.4 Daya Hantar Listrik

Aluminium mempunyai daya hantar listrik 65% dari tembaga, sedangkan masa jenisnya kira-kira  $1/3$  masa jenis tembaga, karena daya hantar listrik yang baik ini, aluminium banyak digunakan sebagai penghantar listrik. Tetapi untuk keperluan ini aluminium harus semurni mungkin. Dalam hal ini dapat digunakan aluminium dengan kemurnian 99,0% atau di atasnya.

### 2.3.5 Ketahanan Terhadap Korosi

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang sangat baik terhadap udara bebas akibat lapisan oksida aluminium ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) pada permukaannya. Lapisan inilah yang melindungi aluminium selanjutnya. Lapisan ini terbentuk seketika pada permukaan aluminium ketika aluminium berkontaminasi dengan udara. Jika lapisan ini koyak, maka dengan sendirinya terbentuk lapisan film yang baru hasil reaksi dengan udara. Inilah yang dinamakan aluminium mempunyai daya tahan korosi yang alamiah.

Dalam lingkungan asam aluminium cenderung mengalami korosi, hal ini disebabkan karena reaksi pembentukan lapisan oksidanya lebih lambat dibandingkan dengan reaksi pemudarannya (*dissolution reaction*).

## 2.4 Pengaruh Unsur Paduan

Pengaruh utama yang disebabkan oleh penambahan unsur paduan dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Tembaga  
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  
Pengaruh yang nampak dalam penambahan silikon adalah dapat memperbaiki sifat mampu cornya. Selain itu paduan silikon akan meningkatkan ketahanan korosinya, baik adanya penambahan unsur lainnya atau tidak. Pengaruh buruk akibat penambahan silikon ini adalah dapat menurunkan kemampuan mesinnya.
- c. Magnesium  
Magnesium digunakan untuk meningkatkan ketahanan karatnya. Bila dipadukan dengan silikon juga, daya tahan karatnya semakin besar. Magnesium tidak menyebabkan berkurangnya sifat *ductile* logam. Selain itu, magnesium mampu meningkatkan sifat mampu mesin dan mampu bentuknya.
- d. Mangan  
Mangan mampu meningkatkan ketahanan karat aluminium, serta bila ditambahkan magnesium juga maka dapat memperbaiki kekuatan aluminium tersebut.
- e. Nikel  
Perpaduan aluminium dengan nikel akan meningkatkan sistem pengerasan pengendapan Ni dengan Mn secara bersama-sama akan sangat efektif dalam memperbaiki keuletan aluminium.
- f. Zinc  
Paduan Al dengan Zn akan menambah kekuatan aluminium. Kekuatan paduan aluminium yang maksimum adalah 5-6% dengan sejumlah Mg dan Cu yang lebih sedikit.
- g. Chromium  
Sejumlah kecil Cr ditambahkan terhadap aluminium akan memperbaiki ketahanan korosi, sifat mampu las, tahan panas dan tidak mudah teroksidasi. Namun demikian jumlah Cr terhadap aluminium yang berlebihan akan menurunkan mampu bentuknya.

## 2.5 Alumina

Alumina adalah sebutan untuk oksida logam aluminium, rumus kimia dari alumina adalah  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Sifat-sifat alumina dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sifat-sifat alumina

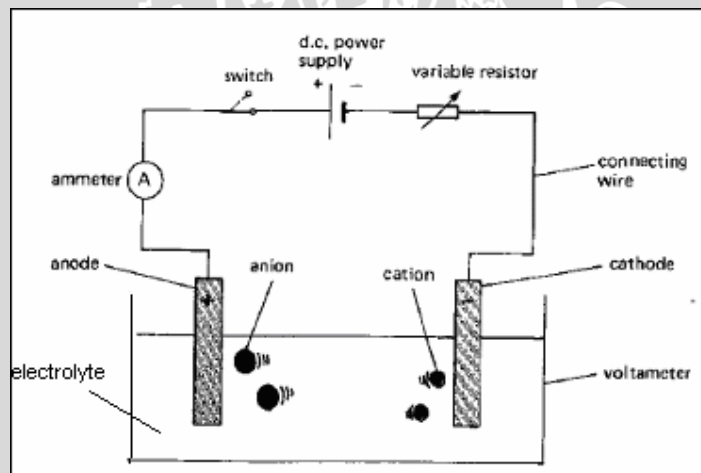
<b>Mechanical</b>	<b>Units of Measure</b>	<b>SI/Metric</b>
Density	gm/cc (lb/ft <sup>3</sup> )	3.89
Porosity	% (%)	0
Color	—	ivory
Flexural Strength	MPa (lb/in <sup>2</sup> x10 <sup>3</sup> )	379
Elastic Modulus	GPa (lb/in <sup>2</sup> x10 <sup>6</sup> )	375
Shear Modulus	GPa (lb/in <sup>2</sup> x10 <sup>6</sup> )	152
Bulk Modulus	GPa (lb/in <sup>2</sup> x10 <sup>6</sup> )	228
Poisson's Ratio	—	0.22
Compressive Strength	MPa (lb/in <sup>2</sup> x10 <sup>3</sup> )	2600
Hardness	Kg/mm <sup>2</sup>	1440
Fracture Toughness $K_{Ic}$	MPa·m <sup>1/2</sup>	4
Maximum Use Temperature (no load)	°C (°F)	1750
<b>Thermal</b>		
Thermal Conductivity	W/m <sup>2</sup> K (BTU·in/ft <sup>2</sup> ·hr·°F)	35
Coefficient of Thermal Expansion	10 <sup>-6</sup> /°C (10 <sup>-6</sup> /°F)	8.4
Specific Heat	J/Kg·°K (Btu/lb·°F)	880
<b>Electrical</b>		
Dielectric Strength	ac-kv/mm (volts/mil)	16.9
Dielectric Constant	@ 1 MHz	9.8
Dissipation Factor	@ 1 kHz	0.0002
Loss Tangent	@ 1 kHz	—
Volume Resistivity	ohm·cm	>10 <sup>14</sup>

Sumber: <http://www.accuratus.com/alumox.htm>

## 2.6 Reaksi Elektro Kimia

Reaksi elektrokimia adalah suatu reaksi kimia yang melibatkan energi listrik. Sel tempat berlangsungnya peristiwa reaksi kimia yang melibatkan arus listrik disebut sel elektrokimia. Sel elektrokimia dapat dibedakan menjadi sel galvanik dan sel elektrolitik. 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, sedangkan sel galvanik adalah kebalikan dari 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.

Pada tahun 1833, M. Faraday menunjukkan bahwa jumlah zat yang bereaksi pada elektroda-elektroda sel elektrolisis berbanding lurus dengan jumlah arus yang melalui sel tersebut dan bila jumlah arus tertentu mengalir melalui beberapa sel elektrolisis, maka akan dihasilkan jumlah ekuivalen masing-masing zat. Rangkaian sel elektrolisis dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Sel Elektrolisis

Sumber: Chemistry notes chapter 18, 2002 : 1

Pada umumnya, reaksi elektrolisis dapat dipercepat dengan cara meningkatkan arus listrik yang mengalir melalui sirkuit (sel) dan dapat dilakukan dengan cara:

- a. Meningkatkan beda potensial antar elektroda
- b. Menurunkan resistansi dalam sirkuit dengan cara
  1. Mengatur variabel resistor pada resistansi rendah
  2. Memperpendek jarak dua elektroda
  3. Menggunakan elektroda dengan permukaan yang luas



4. Menaruh elektroda lebih dalam agar semua permukaan elektroda terendam dalam larutan
  5. Meningkatkan konsentrasi larutan elektrolit
- c. Mengurangi efek polarisasi jika gelembung gas terdapat pada elektroda

Elektrolit adalah komposisi kimia yang akan terpisah menjadi ion-ion apabila dilarutkan dalam pelarut, hasil dari pemisahan ini berupa ion-ion yang menjadi penghantar listrik

Berdasarkan ion-ion yang terbentuk Elektrolit dibedakan menjadi

- a. Elektrolit asam (*acidic electrolyte*)

Adalah elektrolit yang bila dilarutkan dalam air akan terbentuk ion  $H^+$ , misalnya adalah asam sulfat apabila dilarutkan dalam air akan terbentuk ion  $H^+$  dan  $HSO_4^-$

- b. Elektrolit alkali (*alkali electrolyte*)

Adalah elektrolit yang bila dilarutkan dalam air akan terbentuk ion  $OH^-$ , misalnya adalah soda api (NaOH) apabila dilarutkan dalam air akan terbentuk ion  $Na^+$  dan  $OH^-$

- c. Elektrolit garam cair (*Molten salt electrolyte*)

Adalah elektrolit yang bila dilarutkan dalam air akan terbentuk ion selain  $H^+$  dan  $OH^-$ . Misal: NaCl apabila dilarutkan dalam air akan terbentuk ion  $Na^+$  dan  $Cl^-$

Salah satu jenis elektrolit yang sering digunakan dalam proses *anodizing* adalah asam sulfat. Molekul dari asam sulfat ( $H_2SO_4$ ), terdiri dari dua atom hidrogen, satu atom belerang dan empat atom oksigen. Asam sulfat adalah cairan kental yang korosif dan sulit untuk diwarnai

Asam sulfat adalah asam kuat yang diperoleh dari pemecahan belerang trioksida dalam air



Kekuatan dari asam menggambarkan kemampuannya untuk terionisasi dalam larutan yang mengandung air. Sebagai contoh, asam sulfat merupakan asam kuat yang ion-ionnya terpisahkan sempurna selama elektrolisis, dan semua hidrogen yang terpisahkan dalam asam adalah ion hidrogen,  $H^+$ .



100% sebagai  $H^+$

Sebaliknya, asam lemah yakni asam etanonik,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , ion-ionnya terpisah sebagian di dalam larutan, dan hanya sekitar 5% dari hydrogen yang terpisahkan dalam asam yang terdapat dalam larutan sebagai ion hydrogen,  $\text{H}^+$ .



## 2.7 Reaksi Redoks

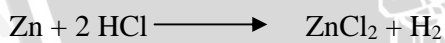
Setiap logam mempunyai sifat reduktor, sebab cenderung melepaskan elektron atau mengalami oksidasi. Ada yang bersifat reduktor kuat (mudah teroksidasi) seperti logam-logam alkali, namun ada pula yang bersifat reduktor lemah (sulit teroksidasi) seperti logam-logam mulia.

Pada tahun 1825, Alesandro Giuseppe Volta (1745-1827) dari Italia menyusun urutan logam-logam yang dikenal saat itu, yang baru berjumlah 20 jenis, dari reduktor terkuat sampai reduktor terlemah berdasarkan eksperimen. Urutan logam-logam itu kini disebut dengan deret volta. Air dan hydrogen, meskipun bukan logam dimasukkan juga oleh volta sebagai anggota deret.



Makin kekiri letak suatu logam dalam deret volta, sifat reduktornya semakin kuat, oleh karena itu, suatu logam dalam deret volta mampu mereduksi ion-ion di sebelah kanannya tetapi tidak mampu mereduksi ion-ion disebelah kirinya.

Contoh:

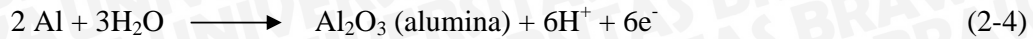


Logam Zn terletak disebelah kiri H, sehingga Zn dapat bereaksi dengan asam (mereduksi ion  $\text{H}^+$ ) untuk menghasilkan gas  $\text{H}_2$ . Logam Ag terletak disebelah kanan H, sehingga tidak dapat bereaksi dengan asam (tidak mereduksi ion  $\text{H}^+$ ).

## 2.8 Anodizing

*Anodizing* adalah sebutan untuk proses elektrolisis pada pelapisan listrik anodik dimana logam yang akan di *anodizing* diposisikan sebagai anoda. Pada *anodizing* dihasilkan lapisan oksida pada anoda, dan pelepasan gas  $\text{H}_2$  pada katoda. Reaksi yang terjadi pada saat *anodizing*, dapat dilihat pada persamaan reaksi dibawah ini:

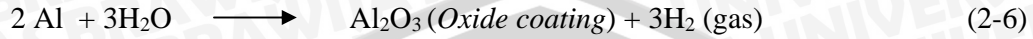
1. Proses yang terjadi pada anoda adalah sebagai berikut:



2. Proses yang terjadi pada katoda adalah sebagai berikut:



Apabila proses tersebut jika dirangkai akan membentuk reaksi redok

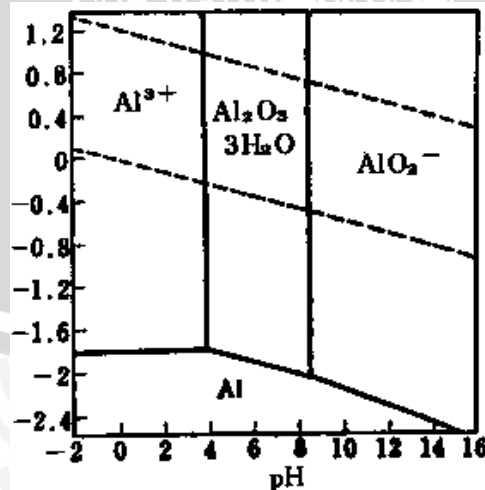


Jadi pada *anodizing* dihasilkan lapisan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  pada anoda dan pelepasan gas  $\text{H}_2$  pada katoda. Selain pembentukan lapisan oksida, pada saat *anodizing* berlangsung juga terjadi disosiasi oksida ke elektrolit sesuai dengan persamaan berikut:



Semakin tinggi temperatur elektrolit maka proses disosiasi oksida ini akan semakin cepat sehingga dapat mengurangi jumlah lapisan oksida serta memperbanyak jumlah pori (Sato, 1997:25). Peningkatan temperatur dapat menyebabkan abrasi pada permukaan. Abrasi ini disebabkan oleh reaksi pelarutan oksida sesuai persamaan (2-7), sehingga dengan adanya peningkatan temperatur maka reaksi disosiasi oksida ini juga akan mengalami peningkatan dan bahkan kecepatan disosiasi oksida aluminium ini dapat lebih cepat dibanding kecepatan pembentukan oksidanya sehingga aluminium menjadi terkorosi..

Pada konsentrasi larutan asam sulfat harus memperhatikan pH elektrolit agar dapat terbentuk  $\text{Al}_2\text{O}_3$  seperti yang diinginkan.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  akan terbentuk pada pH antara 4-9. Jika *anodizing* dilakukan pada pH diatas 9 atau dibawah 4 maka  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tidak akan terbentuk. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 pengaruh pH terhadap pembentukan lapisan oksida

Sumber: Sato,1997:20

Tujuan dari proses *anodizing* diantaranya adalah:

1. Untuk mendapatkan perlindungan pada permukaan logam aluminium.

Perlindungan pada permukaan logam aluminium diantaranya adalah:

- a. Perlindungan terhadap goresan.

Proses *anodizing* menghasilkan lapisan oksida pada permukaan logam induk. Lapisan oksida ini mempunyai kekerasan yang relatif tinggi dan bersifat menyatu dengan logam induk sehingga tidak dapat mengelupas, dan dapat memberi perlindungan pada permukaan aluminium terhadap goresan.

- b. Perlindungan terhadap suhu tinggi.

Logam aluminium dengan lapisan oksida yang terbentuk secara alami mempunyai titik lebur yang rendah yaitu sekitar 660 °C, namun dengan terbentuknya lapisan oksida akibat proses *anodizing*, titik leburnya dapat ditingkatkan hingga mencapai suhu 2000 °C. Peningkatan titik lebur ini tidak dialami oleh logam aluminium secara keseluruhan, melainkan hanya pada lapisan oksida di atas aluminium tersebut.

- c. Perlindungan terhadap korosi

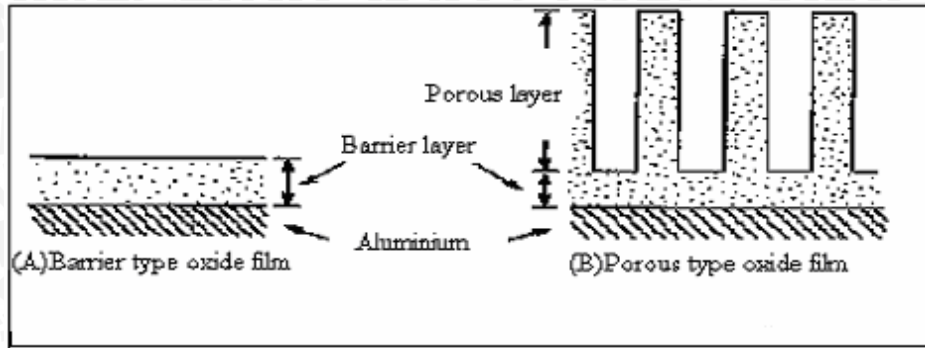
Lapisan oksida yang terdapat pada permukaan aluminium bersifat menghalangi terjadinya proses oksidasi lebih lanjut. Sehingga dapat memberi perlindungan terhadap korosi.

2. Meningkatkan nilai estetika dan ekonomisnya.

Struktur matrik lapisan oksida yang dihasilkan akibat proses *anodizing* adalah *hexagonal* dengan pori di tengahnya. Pori tersebut dapat diisi dengan warna yang dapat memperindah tampilan aluminium hasil *anodizing*. Pewarnaan tersebut dapat meningkatkan nilai estetika dan nilai ekonomisnya.

## 2.9 Oksida Aluminium

Lapisan oksida yang terbentuk pada permukaan aluminium hasil *anodizing* digolongkan menjadi dua jenis yaitu film oksida tipe penghalang (*Barrier type oxide film*) dan film oksida tipe pori (*Porous type oxide film*). *Porous oxide film* akan terbentuk jika aluminium di-*anodizing* dalam larutan seperti asam sulfat, asam kromat, asam oksalat. *Barrier type film* dan *barrier layer* harus jelas dibedakan, seperti juga *porous film* dan *porous layer*. Film adalah lapisan yang mempunyai dua *layer* yaitu *barrier* dan *porous*. Gambar 2.3 memperlihatkan secara detail gambar melintang *barrier type film* dan *porous type oxide film*.



Gambar 2.3 Penampang melintang lapisan oksida  
 Sumber: Sato T, 1997:208

Film oksida aluminium dapat terbentuk dalam larutan inorganik seperti *sulfuric acid*, *phosphoric acid*, dan *chromic acid*, dan pada asam organik seperti *oxalic acid* dengan cara *anodizing* aluminium. Film oksida tidak dapat terbentuk dalam larutan asam seperti *nitric acid* atau *formic acid*. Hal ini disebabkan karena film oksida tidak dapat terbentuk dalam larutan asam monoprotik. Larutan asam monoprotik adalah larutan asam yang hanya mempunyai satu ion hidrogen. Penguraian ion dari *nitric acid* sesuai dengan persamaan:



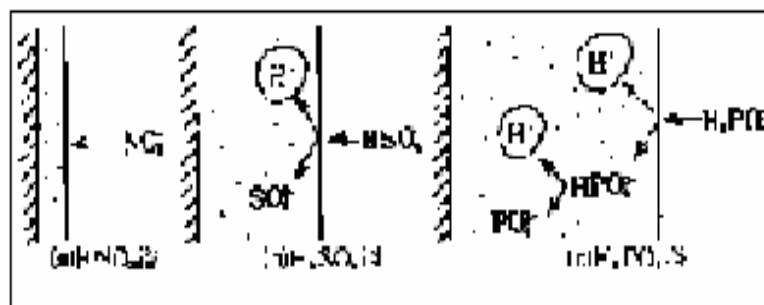
Penguraian dari ion *formic acid* sesuai dengan persamaan;



Dimana hanya terdapat satu ion hidrogen sedangkan penguraian ion *sulfuric acid* adalah:



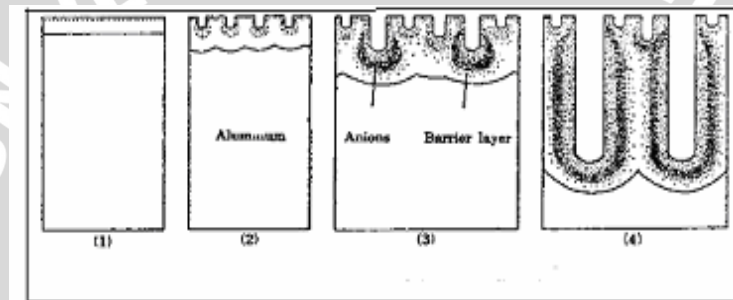
Asam sulfat dapat terurai menjadi dua atom hidrogen, asam yang mempunyai dua atom hidrogen disebut asam diprotik. Alasan mengapa film oksida tidak dapat terbentuk dalam asam monoprotik dijelaskan pada gambar 2.4 berikut ini:



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

Pada elektrolit asam sulfat, asam sulfat akan berubah menjadi ion  $\text{HSO}_4^-$  dalam larutan, ketika ion  $\text{HSO}_4^-$  memasuki *barrier layer*, maka ion  $\text{HSO}_4^-$  tersebut akan terpisah menjadi ion  $\text{H}^+$  dan ion  $\text{SO}_4^{2-}$  seperti terlihat dalam gambar 2.4(b), ion-ion  $\text{H}^+$  dalam *barrier layer* adalah proton dan ion-ion tersebut membentuk *space charge* pada *barrier layer*. Dan *space charge* ini dibutuhkan dalam pembentukan oksida aluminium. *Space charge* tidak terbentuk dalam *barrier layer* bila larutan yang digunakan adalah asam monoprotik. Anion dari asam sulfat bukan  $\text{HSO}_4^-$  melainkan  $\text{SO}_4^{2-}$ . Anion tidak mempunyai proton ( $\text{H}^+$ ) yang mana dapat menempel pada *barrier layer*.

Anion yang terdapat pada film oksida tidak merata tetapi distribusinya terkonsentrasi seperti dilihat dalam gambar 2.5, anion-anion yang berasal dari elektrolit akan terdistribusi pada tengah-tengah lapisan *barrier* dan pada dinding-dinding pori.



Gambar 2.5 Distribusi anion pada film oksida aluminium  
Sumber: Sato,1997:211

Konsentrasi asam sulfat pada elektrolit untuk *anodizing* umumnya diatas 10%. Pada konsentrasi 1% lapisan oksida tidak akan terbentuk karena asam sulfat akan terionisasi menurut persamaan:



Dimana asam sulfat akan terionisasi langsung menjadi anion sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) anion ini tidak bisa menempel pada barrier seperti halnya asam monoprotik, sedangkan pada konsentrasi diatas 10% asam sulfat akan terionisasi berdasarkan persamaan:



Sehingga lapisan oksida akan terbentuk.

## 2.10 Kekerasan

Kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan untuk menahan tusukan (penetrasi) benda yang lebih keras dari luar (lakhtin, Y, 1977). Ada juga yang menyatakan kemampuan menahan deformasi plastis permanen (Jacqueline, K, 1990, 441).

Kekerasan bahan adalah faktor yang sangat penting dalam dunia permesinan. Atau dapat dikatakan bahwa kekerasan juga menyatakan kekuatan suatu bahan.

### 2.10.1 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan umumnya dilakukan menggunakan Brinnel, Rocwell dan Vicker. Semua pengujian tersebut dilakukan pada material uji yang tebal karena menggunakan sebuah *diamond 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 ultrasonik. Gambar 2.6 merupakan salah satu contoh alat uji kekerasan ultrasonik.

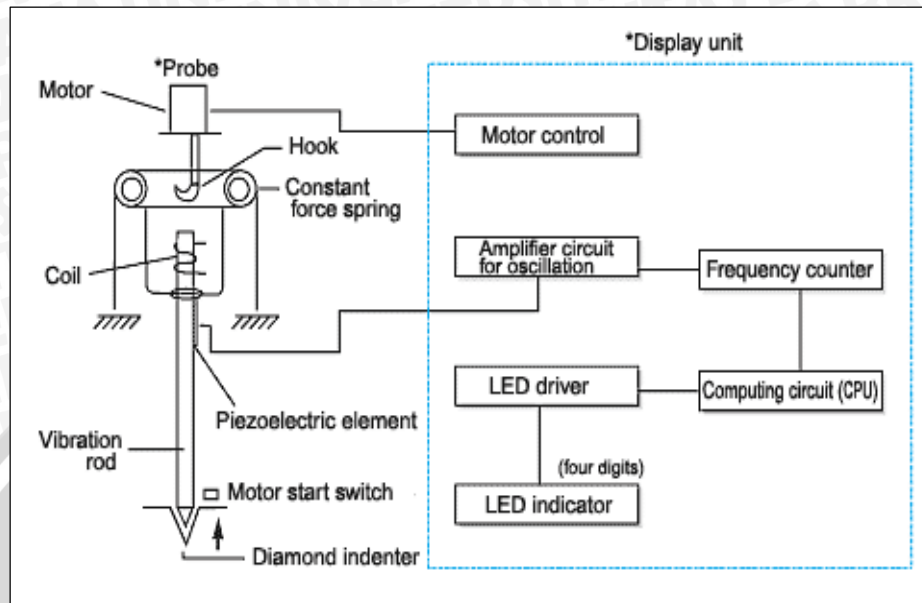


Gambar 2.6 Ultrasonohard Tester SH-75  
Sumber : Kawatetsu 2004:1

### 2.10.2 Prinsip Pengukuran Kekerasan Dengan *Ultrasonic Hardness Tester*

Ketika batang getar (*vibration rod*) ditekan pada permukaan material uji dengan beban konstan, maka penetrator akan menusuk permukaan material, semakin lunak material uji maka penetrator akan menusuk lebih dalam. Kedalaman dari penetrasi akan mempengaruhi kemampuan resonansi frekuensi dari alat ukur. Semakin dalam penetrasi, maka frekuensi getarannya akan semakin naik. Besarnya frekuensi getaran akan dihitung oleh *operational circuit (CPU)* yang nilainya telah dikalibrasi dengan skala kekerasan. Data yang dihasilkan sudah dalam bentuk digital berupa nilai kekerasan dari benda yang diuji. Untuk satuan kekerasannya bisa dalam beberapa satuan yaitu HB, HV, HRC. Alat ini mampu menguji kekerasan permukaan material yang

ketebalannya sangat tipis dalam ukuran mikron. Skema alat uji kekerasan sonohard dapat dilihat pada gambar 2.7 di bawah ini:



Gambar 2.7 Skema SONOHARD model SH-75

Sumber : Manual Book of Ultrasonohard ; 6

### 2.11 Hipotesa

Peningkatan temperatur elektrolit saat proses *anodizing* mengakibatkan reaksi disosiasi  $Al_2O_3$  akan semakin cepat dibanding pembentukan lapisan oksida sehingga akan berpengaruh pada kekerasan permukaan hasil *anodizing*. Semakin tinggi temperatur elektrolit maka kekerasan permukaan akan menurun.

Peningkatan konsentrasi asam sulfat akan mempengaruhi kekerasan permukaan aluminium hasil *anodizing*, semakin tinggi konsentrasi asam sulfat maka kekerasan permukaan aluminium akan menurun.



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian eksperimental (*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 tentang *anodizing* ini dilaksanakan di industri rumah tangga yang bertempat di Karang Ploso tepatnya di Perum. Griya Sampoerna Sejahtera Malang. Untuk pengujian komposisi aluminium yang dipakai dilaksanakan di laboratorium MIPA Universitas Brawijaya Malang. Untuk pengujian kekerasan dilaksanakan di VEDC Arjosari Malang. Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2005 s/d 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 divariasi untuk mendapatkan hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat sehingga tujuan penelitian dapat tercapai. Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah konsentrasi asam sulfat dan temperatur elektrolit saat proses elektrolisis.

##### 3.3.2 Variabel Yang Di Konstankan

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

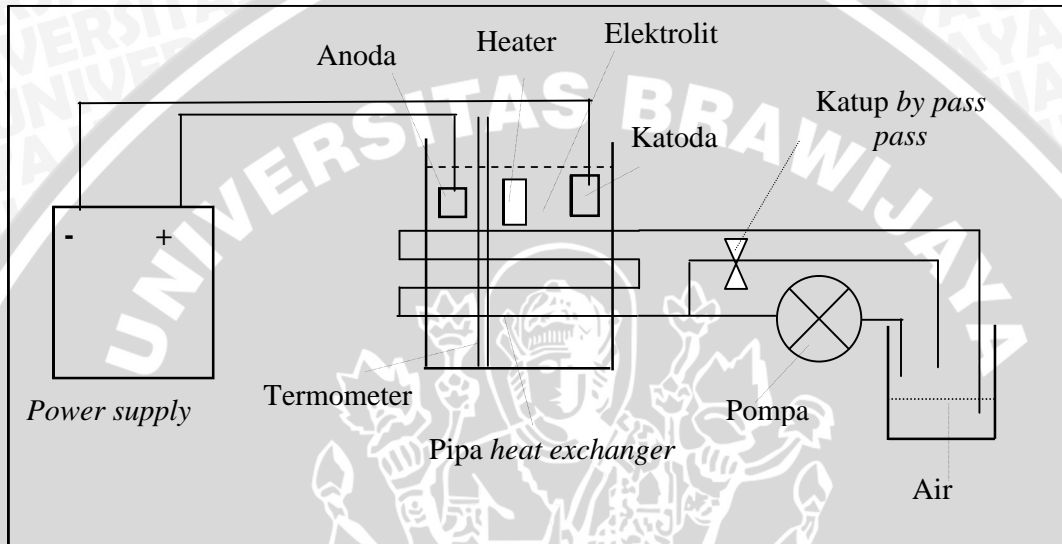
1. Rapat arus listrik  $2A/dm^2$
2. Beda potensial 12V
3. Jarak elektroda 20cm
4. waktu *anodizing* 1 jam

### 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 Instalasi Alat Penelitian

Instalasi yang digunakan dalam penelitian sesuai dengan gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 Instalasi alat penelitian

Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari

1. *Power supply*
  - a. Arus maksimum (*DC*) : 5 Ampere.
  - b. Beda Potensial yang di pakai : 12V

2. Bak elektrolisis

Bak yang digunakan sebagai tempat berlangsungnya elektrolisis pada proses *anodizing* terbuat dari bahan plastik berbentuk persegi empat dengan ukuran 20 cm x 40 cm x 20 cm, yang dilengkapi *heat exchanger*

3. Termometer

Termometer yang digunakan untuk mengukur suhu elektrolit selama proses *anodizing* berlangsung adalah termometer air raksa dengan skala 0 °C sampai 100 °C dengan tingkat ketelitian 0,2 °C.

#### 4. Pompa

Pompa digunakan untuk mengalirkan fluida pendingin dengan spesifikasi sebagai berikut:

- a. *Merk* : Sanwa
- b. *Suct Head* : 9 m
- c. *Disc Head* : 24 m
- d. *Daya* : 125 Watt
- e. *Rpm* : 2850 rpm
- f. *Maximum Capacity* : 42 ltr/Min

#### 5. Bak penampung air

Bak penampung air yang digunakan sebagai tempat penampungan air untuk heat exchanger terbuat dari bahan plastik berbentuk persegi empat dengan ukuran 22 cm x 30 cm x 18 cm.

#### 6. Pemanas air (*heater*)

Berfungsi untuk memanaskan larutan elektrolit sesuai temperatur yang ditentukan.

#### 7. Pipa *heat exchanger*

Berfungsi untuk mengatur temperatur elektrolit agar tetap konstan selama proses pelapisan berlangsung.

#### 8. Katup *by pass*

Berfungsi untuk mengatur debit air yang masuk pipa *heat exchanger*.

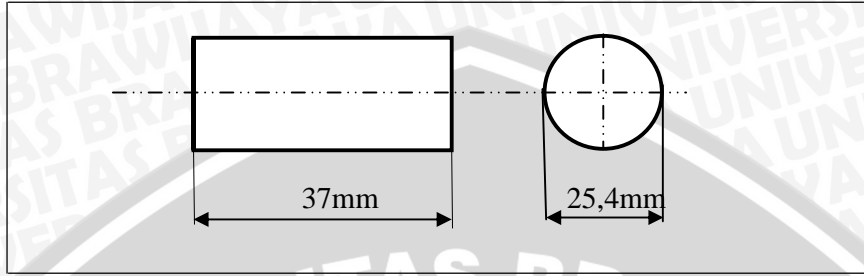
### 3.5 Peralatan dan Benda Kerja

#### 3.5.1 Peralatan yang digunakan

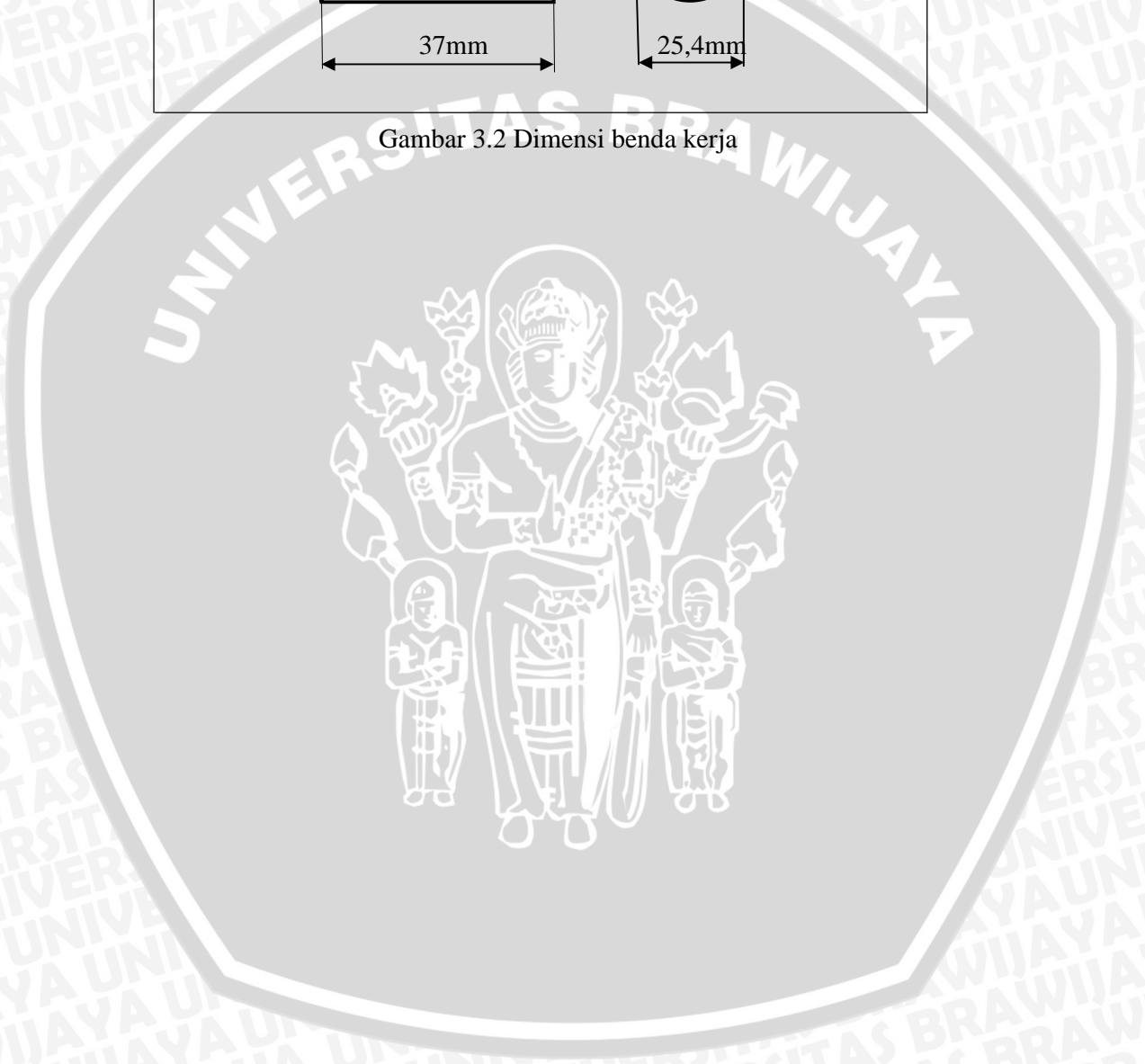
1. Instalasi *anodizing*
2. Gergaji
3. Mesin bubut
4. Mesin polishing
5. Kertas gosok
6. Stop watch
7. Sonohardness tester
8. Berbagai alat safety
9. Gelas ukur

**3.5.2 Benda Kerja**

Benda kerja yang digunakan terbuat dari aluminium berbentuk silinder pejal dengan diameter 25,4mm dan panjang 37mm. Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.2 dibawah ini

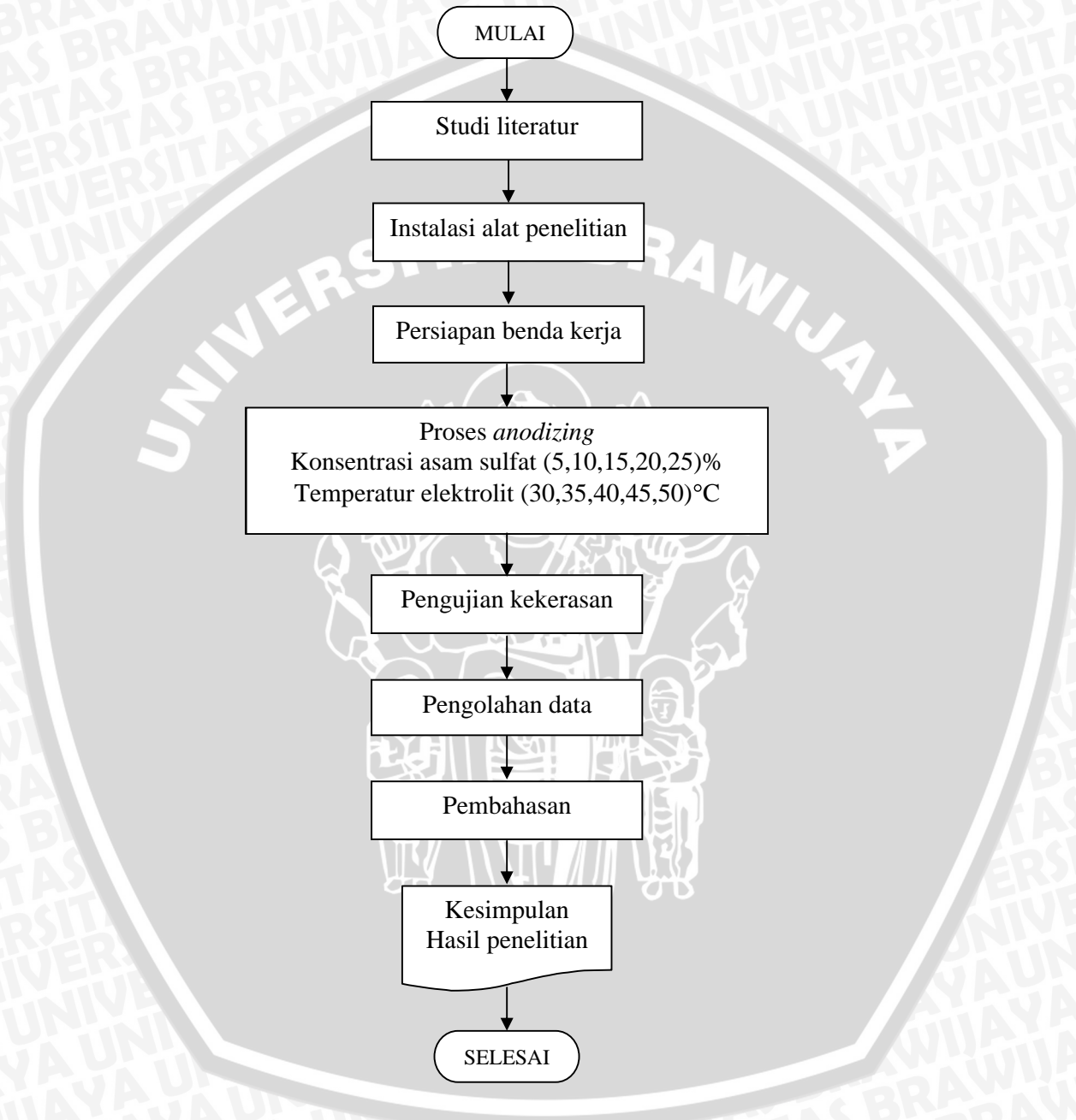


Gambar 3.2 Dimensi benda kerja



### 3.6 Prosedur penelitian

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

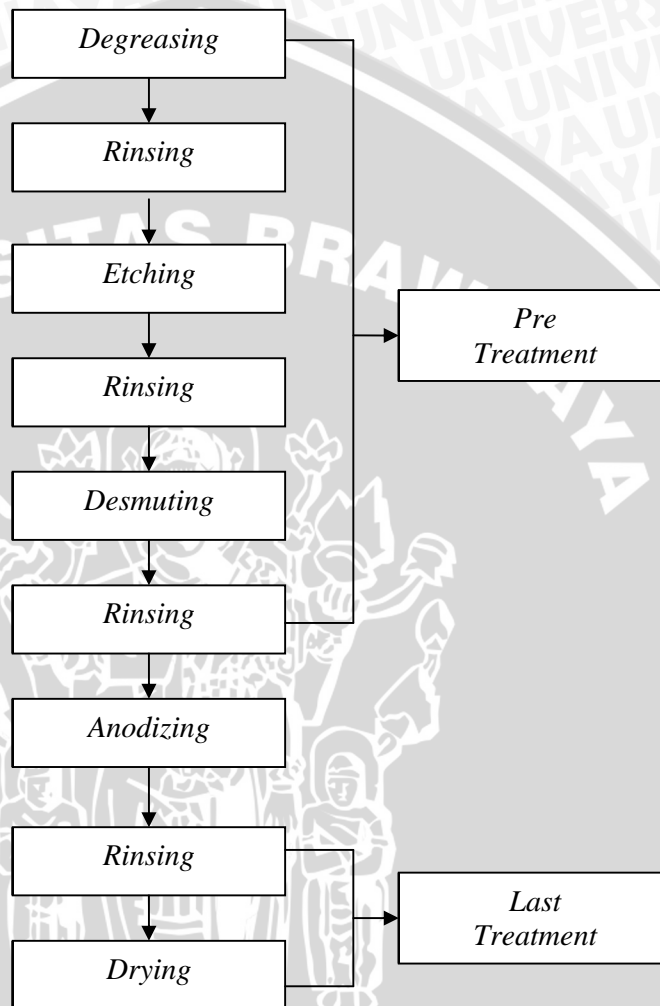


Gambar 3.3. Diagram alir penelitian

### 3.7 Pelaksanaan Pengujian

#### 3.7.1 Langkah-langkah Pelapisan Anodik pada Aluminium

Langkah-langkah dalam melakukan pelapisan anodik pada aluminium dapat dilihat dalam gambar 3.4 berikut ini:



Gambar 3.4 Digram alir proses *anodizing*

- **Degreasing**

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

dilakukan dengan menggunakan larutan asam sulfat dengan temperatur dari 40°C sampai 70°C dan dilakukan dalam waktu antara 5 sampai 15 menit.

- **Rinsing**

*Rinsing* adalah proses pembersihan benda kerja dengan menggunakan air murni (*destilated water*). Tujuan dari *rinsing* itu sendiri adalah untuk menghilangkan sisa-sisa zat kimia yang terbawa dari proses sebelumnya.

- **Etching**

*Etching* dilakukan dengan tujuan untuk menghaluskan permukaan dan menghilangkan film oksida aluminium natural yang terdapat pada permukaan. Oksida aluminium akan hancur karena direndam dalam larutan alkali seperti soda api (*caustic soda*). Oleh sebab itu *etching* dilakukan dengan cara merendam aluminium dalam larutan *caustic soda*. 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.

- **Desmuting**

*Desmuting* adalah proses pembersihan bercak hitam akibat reaksi dari paduan aluminium dengan *caustic soda* saat proses *etching*. *Desmuting* dilakukan dengan cara merendam spesimen pada larutan asam nitrat pada temperatur 25°C-35°C selama 10 menit.

- **Anodizing**

*Anodizing* adalah sebutan untuk proses elektrolisis pada pelapisan listrik anodik dimana logam yang akan di *anodizing* diposisikan sebagai anoda. Pada *anodizing* dihasilkan lapisan oksida pada anoda, dan pelepasan gas H<sub>2</sub> pada katoda.

- **Drying**

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

### 3.7.2 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan dengan alat Ultrasonohard Tester merk SONOHARD Model SH-75.

Pengukuran:

1. Siapkan alat ukur SONOHARD SH-75
2. benda kerja yang akan diukur dibersihkan terlebih dahulu dengan kain bersih
3. Letakkan benda kerja di atas landasan
4. Cekam
5. Pastikan Acc adaptor terhubung pada alat ukur dan power switch set ke "ON"
6. Sebelum melakukan pengukuran kekerasan dengan SONOHARD maka perlu dilakukan kalibrasi terlebih dahulu dengan cara mengukur kekuatan sampel standart yang telah diketahui kekerasannya
7. Set pengukuran ke skala HV
8. Untuk memulai pengukuran kekerasan tekan tombol "AUTO START"
9. Catat nilai kekerasan yang tertera pada layar display

### 3.8 Rancangan Penelitian

#### 3.8.1 Analisa Statistik

##### 3.8.1.1 Analisa Varian

Anggapan dalam pengujian ini adalah pengujian klasifikasi dua faktor untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh konsentrasi dan temperatur elektrolit serta interaksi dari keduanya terhadap kekerasan permukaan hasil proses *anodizing* aluminium.

Hipotesis penelitian ditulis:

$H_0$  Variabel bebas : Variasi variabel bebas tidak mempengaruhi perubahan variabel terikat

$H_1$  Variabel bebas : Variasi variabel bebas mempengaruhi perubahan variabel terikat

Dengan anggapan bahwa hasil pengujian adalah  $U_{rc}^k$

Keterangan:

U = hasil pengujian

k = Urutan pengulangan percobaan

r = Urutan variasi temperatur elektrolit

c = Urutan variasi konsentrasi asam sulfat



Hasil dari penelitian yang meliputi data-data yang berhubungan dengan variasi perlakuan dan hasil dari pengujian kekerasan dapat ditabelkan, seperti pada tabel 3.1 berikut ini:

Tabel 3.1 Tabel untuk perhitungan analisis varian

Temperatur (°C)	Percobaan ke	Konsentrasi asam sulfat (%)				
		10	15	20	25	30
30	1	$U^1_{11}$	$U^1_{21}$	$U^1_{31}$	$U^1_{41}$	$U^1_{51}$
	2	$U^1_{12}$	$U^1_{22}$	$U^1_{32}$	$U^1_{42}$	$U^1_{52}$
	3	$U^1_{13}$	$U^1_{23}$	$U^1_{33}$	$U^1_{43}$	$U^1_{53}$
	4	$U^1_{14}$	$U^1_{24}$	$U^1_{34}$	$U^1_{44}$	$U^1_{54}$
	5	$U^1_{15}$	$U^1_{25}$	$U^1_{35}$	$U^1_{45}$	$U^1_{55}$
35	1	$U^2_{11}$	$U^2_{21}$	$U^2_{31}$	$U^2_{41}$	$U^2_{51}$
	2	$U^2_{12}$	$U^2_{22}$	$U^2_{32}$	$U^2_{42}$	$U^2_{52}$
	3	$U^2_{13}$	$U^2_{23}$	$U^2_{33}$	$U^2_{43}$	$U^2_{53}$
	4	$U^2_{14}$	$U^2_{24}$	$U^2_{34}$	$U^2_{44}$	$U^2_{54}$
	5	$U^2_{15}$	$U^2_{25}$	$U^2_{35}$	$U^2_{45}$	$U^2_{55}$
40	1	$U^3_{11}$	$U^3_{21}$	$U^3_{31}$	$U^3_{41}$	$U^3_{51}$
	2	$U^3_{12}$	$U^3_{22}$	$U^3_{32}$	$U^3_{42}$	$U^3_{52}$
	3	$U^3_{13}$	$U^3_{23}$	$U^3_{33}$	$U^3_{43}$	$U^3_{53}$
	4	$U^3_{14}$	$U^3_{24}$	$U^3_{34}$	$U^3_{44}$	$U^3_{54}$
	5	$U^3_{15}$	$U^3_{25}$	$U^3_{35}$	$U^3_{45}$	$U^3_{55}$
45	1	$U^4_{11}$	$U^4_{21}$	$U^4_{31}$	$U^4_{41}$	$U^4_{51}$
	2	$U^4_{12}$	$U^4_{22}$	$U^4_{32}$	$U^4_{42}$	$U^4_{52}$
	3	$U^4_{13}$	$U^4_{23}$	$U^4_{33}$	$U^4_{43}$	$U^4_{53}$
	4	$U^4_{14}$	$U^4_{24}$	$U^4_{34}$	$U^4_{44}$	$U^4_{54}$
	5	$U^4_{15}$	$U^4_{25}$	$U^4_{35}$	$U^4_{45}$	$U^4_{55}$
50	1	$U^5_{11}$	$U^5_{21}$	$U^5_{31}$	$U^5_{41}$	$U^5_{51}$
	2	$U^5_{12}$	$U^5_{22}$	$U^5_{32}$	$U^5_{42}$	$U^5_{52}$
	3	$U^5_{13}$	$U^5_{23}$	$U^5_{33}$	$U^5_{43}$	$U^5_{53}$
	4	$U^5_{14}$	$U^5_{24}$	$U^5_{34}$	$U^5_{44}$	$U^5_{54}$
	5	$U^5_{15}$	$U^5_{25}$	$U^5_{35}$	$U^5_{45}$	$U^5_{55}$

Sumber : Penulis

Pengolahan data statistik dilakukan dua kali yakni menggunakan dengan bantuan *software microsoft excell* dan dengan perhitungan manual. Dengan menggunakan perhitungan statistik diperoleh data sebagai berikut:

- Jumlah seluruh perlakuan :

$$\sum_{i=1}^r \cdot \sum_{j=1}^c \cdot \sum_{k=1}^t Y_{ijk} \quad (3-1)$$

- Jumlah kuadrat seluruh perlakuan :

$$\sum_{i=1}^r \cdot \sum_{j=1}^c \cdot \sum_{k=1}^t Y_{ijk}^2 \quad (3-2)$$

- Faktor koreksi (FK) :

$$FK = \frac{\left[ \sum_{i=1}^r \cdot \sum_{j=1}^c \cdot \sum_{k=1}^t Y_{ijk} \right]^2}{rct} \quad (3-3)$$

- Jumlah kuadrat total (JKT) :

$$JKT = \sum_{i=1}^r \cdot \sum_{j=1}^c \cdot \sum_{k=1}^t Y_{ijk}^2 - FK \quad (3-4)$$

- Jumlah kuadrat perlakuan (JKP) :

$$JKP = \frac{\sum_{i=1}^r \cdot \sum_{j=1}^c T_{ij}^2}{t} - FK \quad (3-5)$$

- Jumlah kuadrat pengaruh konsentrasi asam sulfat (JKA) :

$$JKA = \frac{\sum_{i=1}^r T_i^2}{ct} - FK \quad (3-6)$$

- Jumlah kuadrat pengaruh temperatur elektrolit (JKB) :

$$JKB = \frac{\sum_{j=1}^c T_j^2}{rt} - FK \quad (3-7)$$

- Jumlah kuadrat pengaruh interaksi konsentrasi asam sulfat dan temperatur elektrolit (JKAB) :

$$JKAB = JKP - JKA - JKB \quad (3-8)$$

- Jumlah kuadrat galat (JKG) :

$$JKG = JKT - JKA - JKB - JKAB \quad (3-9)$$

- Nilai varian dari masing-masing perlakuan sebagai berikut :

$$1. S_A^2 = \frac{JKA}{r-1} \quad (3-10)$$

$$2. S_B^2 = \frac{JKB}{c-1} \quad (3-11)$$

$$3. S_{AB}^2 = \frac{JKAB}{(r-1)(c-1)} \quad (3-12)$$

$$4. S^2 = \frac{JKG}{rc(t-1)} \quad (3-13)$$

- Nilai  $F_{hitung}$  dari masing-masing sumber keragaman sebagai berikut :

1. Untuk faktor konsentrasi asam sulfat :

$$F_{Ahitung} = \frac{S_A^2}{S^2} \quad (3-14)$$

2. Untuk faktor temperatur elektrolit :

$$F_{Bhitung} = \frac{S_B^2}{S^2} \quad (3-15)$$

3. Untuk faktor lamanya konsentrasi asam sulfat dan temperatur elektrolit :

$$F_{ABhitung} = \frac{S_{AB}^2}{S^2} \quad (3-16)$$

Tabel 3.2. Tabel Rancangan Analisa Varian Dua arah

Sumber Keragaman	Db	JK	Varian(KT)	F <sub>hitung</sub>	F <sub>tabel</sub>
Pengaruh konsentrasi asam sulfat	4	JKA	$S_A^2$	$F_{Ahitung}$	2.462613
Pengaruh temperatur elektrolit	4	JKB	$S_B^2$	$F_{Bhitung}$	2.462613
Interaksi konsentrasi asam sulfat dan temperatur elektrolit	16	JKAB	$S_{AB}^2$	$F_{ABhitung}$	1.745647
Galat	100	JKG	$S^2$		
Total	124	JKT			

Sumber : Penulis

Keterangan:

A = Konsentrasi asam sulfat

B = Temperatur elektrolit

Hasil perhitungan yang ditunjukkan pada tabel 3.2 dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1.  $F_A \text{ hitung} > F_A \text{ tabel}$ , maka  $H_0^A$  ditolak dan  $H_1^A$  diterima, Hal ini menunjukkan bahwa ada perbedaan yang nyata dari perlakuan konsentrasi asam sulfat terhadap kekerasan permukaan dengan tingkat keyakinan 95% .
2.  $F_B \text{ hitung} > F_B \text{ tabel}$ , maka  $H_0^B$  ditolak dan  $H_1^B$  diterima, Hal ini menunjukkan bahwa ada perbedaan yang nyata perlakuan variasi temperatur elektrolit terhadap kekerasan permukaan dengan tingkat keyakinan 95%.
3.  $F_{AB} \text{ hitung} > F_{AB} \text{ tabel}$ , maka  $H_0^{AB}$  ditolak dan  $H_1^{AB}$  diterima, Hal ini menunjukkan bahwa ada perbedaan yang nyata pada perlakuan interaksi dari konsentrasi asam sulfat dan temperatur elektrolit terhadap kekerasan permukaan dengan tingkat keyakinan 95% .

### 3.8.1.2 Analisa Regresi

Untuk mencari hubungan dan seberapa besar pengaruh variabel bebas terhadap perubahan variabel terikat digunakan analisa regresi sehingga dapat diketahui persamaan regresinya.

Persamaan regresi yang dipakai adalah model polinomial di mana dinyatakan dengan persamaan umum sebagai berikut :

$$Y = a + bX + cX^2 \quad (3-17)$$

Dengan: Y = Variabel terikat

X = Variabel bebas

Untuk memperoleh koefisien regresi dilakukan menurut perhitungan sebagai berikut:

$$\Sigma Y = aN + b\Sigma X + c\Sigma X^2 \quad (3-18)$$

$$\Sigma XY = a\Sigma X + b\Sigma X^2 + c\Sigma X^3 \quad (3-19)$$

$$\Sigma X^2 Y = a\Sigma X^2 + b\Sigma X^3 + c\Sigma X^4 \quad (3-20)$$

Koefisien korelasi dinyatakan sebagai variasi dari persamaan dibandingkan variasi dari data yang didapatkan

$$R^2 = 1 - \frac{\Sigma(Y - y)^2}{\Sigma(Y - Yi)^2} \quad (3-21)$$

### 3.8.2 Analisa Grafik

Analisa grafik dilakukan dengan menggunakan bantuan *software Microsoft Excell*, Analisa grafik dilakukan melalui pengamatan perubahan *trend* data pada grafik yang diperoleh dari *ploting* data.



## BAB IV

### PENGUMPULAN DATA, PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Data Hasil Penelitian

Setelah dilakukan proses anodisasi pada logam aluminium kemudian dilakukan pengukuran kekerasan permukaan, dan diperoleh data hasil pengujian seperti pada tabel 4.1 di bawah ini:

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Kekerasan Permukaan(Hv)

Variabel		KONSENTRASI H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (%)				
		5	10	15	20	25
TEMPERATUR (°C)	30	530	631	650	651	635
		535	630	655	640	639
		530	625	650	651	640
		531	628	645	648	632
		542	621	649	645	639
	35	525	627	630	643	625
		523	620	635	630	624
		525	619	641	635	630
		530	627	638	636	627
		529	623	640	640	620
	40	509	625	630	637	621
		527	616	623	630	625
		515	606	620	623	620
		519	621	625	627	624
		530	595	630	620	618
	45	493	576	598	590	580
		507	574	581	587	576
		501	580	594	591	581
		495	572	601	590	570
		497	584	588	586	571
50	480	549	551	553	552	
	485	550	560	561	540	
	475	551	551	560	555	
	478	547	558	545	542	
	483	550	554	550	550	

Sumber : Penulis

#### 4.2 Analisa Statistik

##### 4.2.1 Analisa Varian

Dari hasil pengujian diatas dilakukan analisa varian dua arah untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh konsentrasi asam sulfat dan temperatur elektrolit terhadap kekerasan permukaan aluminium hasil *anodizing*. Perhitungan data analisa statistik menggunakan bantuan *Microsoft Excell* dan persamaan-persamaan yang terdapat pada metodologi penelitian.

Dengan menggunakan perhitungan statistik diperoleh data sebagai berikut:

- Jumlah seluruh perlakuan:

$$\sum_{i=1}^r \cdot \sum_{j=1}^c \cdot \sum_{k=1}^t Y_{ijk} = 73387$$

- Jumlah kuadrat seluruh perlakuan:

$$\sum_{i=1}^r \cdot \sum_{j=1}^c \cdot \sum_{k=1}^t Y_{ijk}^2 = 43389665$$

- Faktor koreksi (FK):

$$FK = \frac{\left[ \sum_{i=1}^r \cdot \sum_{j=1}^c \cdot \sum_{k=1}^t Y_{ijk} \right]^2}{rct}$$

$$= 43085214,2$$

- Jumlah kuadrat total (JKT) :

$$JKT = \sum_{i=1}^r \cdot \sum_{j=1}^c \cdot \sum_{k=1}^t Y_{ijk}^2 - FK = 304450,848$$

- Jumlah kuadrat perlakuan (JKP) :

$$JKP = \frac{\sum_{i=1}^r \cdot \sum_{j=1}^c T_{ij}^2}{t} - FK = 301378,448$$

- Jumlah kuadrat pengaruh konsentrasi asam sulfat (JKA) :

$$JKA = \frac{\sum_{i=1}^r T_i^2}{ct} - FK = 181553,168$$

- Jumlah kuadrat pengaruh temperatur elektrolit (JKB) :

$$JKB = \frac{\sum_{j=1}^c T_j^2}{rt} - FK = 115380,048$$

- Jumlah kuadrat pengaruh interaksi konsentrasi asam sulfat dan temperatur elektrolit (JKAB) :

$$JKAB = JKP - JKA - JKB = 4445,232$$

- Jumlah kuadrat galat (JKG) :

$$JKG = JKT - JKA - JKB - JKAB = 3072,4$$

- Nilai varian dari masing-masing perlakuan sebagai berikut :

$$4. S_A^2 = \frac{JKA}{r-1} = 45388,292$$

$$5. S_B^2 = \frac{JKB}{c-1} = 28845,012$$

$$6. S_{AB}^2 = \frac{JKAB}{(r-1)(c-1)} = 277,827$$

$$7. S^2 = \frac{JKG}{rc(t-1)} = 30,724$$

- Nilai  $F_{hitung}$  dari masing-masing sumber keragaman sebagai berikut :

1. Untuk faktor konsentrasi asam sulfat :

$$F_{Ahitung} = \frac{S_A^2}{S^2} = 1477,291$$

2. Untuk faktor temperatur elektrolit :

$$F_{Bhitung} = \frac{S_B^2}{S^2} = 938,8429$$

3. Untuk faktor konsentrasi asam sulfat dan temperatur elektrolit :

$$F_{AB hitung} = \frac{S_{AB}^2}{S^2} = 9,04267$$

Dari perhitungan diatas diperoleh analisa varian dua arah dan dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut ini:

Tabel 4.2 Hasil Analisa Varian Dua arah

Sumber Keragaman	Db	JK	Varian(KT)	F <sub>hitung</sub>	F <sub>tabel</sub>
Pengaruh A	4	181553,168	45388,292	1477,291	2,46
Pengaruh B	4	115380,048	28845,012	938,8429	2,46
Interaksi A dan B	16	4445,232	277,827	9,04267	1,745
Galat	100	3072,4	30,724		
Total	124	304450,848			

Sumber : Penulis

Keterangan:

A = Konsentrasi asam sulfat

B = temperatur elektrolit



Hasil perhitungan yang ditunjukkan pada tabel 4.2 dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

4.  $F_A \text{ hitung} > F_A \text{ tabel}$ , maka  $H_0^A$  ditolak dan  $H_1^A$  diterima, Hal ini menunjukkan bahwa ada perbedaan yang nyata dari besarnya konsentrasi  $H_2SO_4$  terhadap kekerasan permukaan aluminium dengan tingkat keyakinan 95% .
5.  $F_B \text{ hitung} > F_B \text{ tabel}$ , maka  $H_0^B$  ditolak dan  $H_1^B$  diterima, Hal ini menunjukkan bahwa ada perbedaan yang nyata perlakuan variasi temperatur elektrolit terhadap kekerasan permukaan aluminium dengan tingkat keyakinan 95%.
6.  $F_{AB} \text{ hitung} > F_{AB} \text{ tabel}$ , maka  $H_0^{AB}$  ditolak dan  $H_1^{AB}$  diterima, Hal ini menunjukkan bahwa ada perbedaan yang nyata pada perlakuan interaksi dari konsentrasi  $H_2SO_4$  dan temperatur elektrolit terhadap kekerasan permukaan dengan tingkat keyakinan 95% .

#### 4.2.2 Analisa Regresi

Berdasarkan data variabel bebas dan variabel terikatnya dapat dilakukan perhitungan secara matematik yaitu dengan persamaan regresi *polynomial* dengan persamaan umum sebagai berikut:

$$y = b_0 + b_1X + b_2X^2$$

Untuk memudahkan dalam mencari persamaan regresi *polynomial* data hasil pengujian kekerasan permukaan aluminium dapat ditabelkan sebagai berikut:

##### 4.2.2.1 Analisa Regresi Konsentrasi Asam Sulfat dengan Kekerasan Permukaan

Dari persamaan  $y = b_0 + b_1X + b_2X^2$  dapat dicari persamaan polinomial untuk data kekerasan permukaan pada temperatur elektrolit 30°C. untuk memudahkan dalam mencari persamaan regresi maka dapat dibuat tabel seperti pada tabel 4.3 berikut ini:

Tabel 4.3 Data Kekerasan Permukaan untuk Temperatur Elektrolit 30°C

No	X	Y	X <sup>2</sup>	X <sup>3</sup>	X <sup>4</sup>	XY	X <sup>2</sup> Y
1	5	530	25	125	625	2650	13250
2	5	535	25	125	625	2675	13375
3	5	530	25	125	625	2650	13250
4	5	531	25	125	625	2655	13275
5	5	542	25	125	625	2710	13550
6	10	631	100	1000	10000	6310	63100
7	10	630	100	1000	10000	6300	63000
8	10	625	100	1000	10000	6250	62500
9	10	628	100	1000	10000	6280	62800
10	10	621	100	1000	10000	6210	62100
11	15	650	225	3375	50625	9750	146250
12	15	655	225	3375	50625	9825	147375
13	15	650	225	3375	50625	9750	146250
14	15	662	225	3375	50625	9930	148950
15	15	655	225	3375	50625	9825	147375
16	20	651	400	8000	160000	13020	260400
17	20	640	400	8000	160000	12800	256000
18	20	651	400	8000	160000	13020	260400
19	20	648	400	8000	160000	12960	259200
20	20	645	400	8000	160000	12900	258000
21	25	635	625	15625	390625	15875	396875
22	25	639	625	15625	390625	15975	399375
23	25	640	625	15625	390625	16000	400000
24	25	632	625	15625	390625	15800	395000
25	25	639	625	15625	390625	15975	399375
<b>Jumlah</b>	375	15495	6875	140625	3059375	238095	4401025

Sumber : Penulis

Keterangan: X = Konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Y = Kekerasan permukaan

Untuk memperoleh persamaan regresi dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$\Sigma Y = n.b_0 + b_1.\Sigma X + b_2.\Sigma X^2.$$

$$\Sigma XY = b_0.\Sigma X + b_1.\Sigma X^2 + b_2.\Sigma X^3$$

$$\Sigma X^2Y = b_0.\Sigma X^2 + b_1.\Sigma X^3 + b_2.\Sigma X^4$$

$$15495 = 25 b_0 + 375b_1 + 6875b_2$$

$$238095 = 375b_0 + 6875b_1 + 140625b_2$$

$$4401025 = 6875b_0 + 140625b_1 + 3059375b_2$$

Dengan menyelesaikan persamaan-persamaan diatas, maka bisa diperoleh harga koefisien regresi yaitu;  $b_0 = -0,6903$ ;  $b_1 = 25,245$  ;  $b_2 = 430,96$ . Sehingga diperoleh persamaan regresi sebagai berikut:

$$y = -0,6903x^2 + 25,245x + 430,96$$

Harga koefisien korelasi ( $R^2$ ) dihitung dengan menggunakan bantuan tabel, seperti pada tabel 4.4 di bawah ini:

Tabel 4.4 Perhitungan Koefisien Korelasi Data Kekerasan Permukaan

No	X	X <sup>2</sup>	Y	Y <sub>i</sub>	y	(Y-Y <sub>i</sub> ) <sup>2</sup>	(Y-y) <sup>2</sup>
1	5	25	530	620,68	540,32	8222,862	106,5024
2	5	25	540	620,68	540,32	6509,262	0,1024
3	5	25	545	620,68	540,32	5727,462	21,9024
4	5	25	531	620,68	540,32	8042,502	86,8624
5	5	25	542	620,68	540,32	6190,542	2,8224
6	10	100	631	620,68	612,8	106,5024	331,24
7	10	100	630	620,68	612,8	86,8624	295,84
8	10	100	625	620,68	612,8	18,6624	148,84
9	10	100	628	620,68	612,8	53,5824	231,04
10	10	100	621	620,68	612,8	0,1024	67,24
11	15	225	650	620,68	652,08	859,6624	4,3264
12	15	225	655	620,68	652,08	1177,862	8,5264
12	15	225	650	620,68	652,08	859,6624	4,3264
14	15	225	662	620,68	652,08	1707,342	98,4064
15	15	225	655	620,68	652,08	1177,862	8,5264
16	20	400	651	620,68	658,16	919,3024	51,2656
17	20	400	645	620,68	658,16	591,4624	173,1856
18	20	400	654	620,68	658,16	1110,222	17,3056
19	20	400	642	620,68	658,16	454,5424	261,1456
20	20	400	645	620,68	658,16	591,4624	173,1856
21	25	625	635	620,68	631,04	205,0624	15,6816
22	25	625	639	620,68	631,04	335,6224	63,3616
23	25	625	640	620,68	631,04	373,2624	80,2816
24	25	625	632	620,68	631,04	128,1424	0,9216
25	25	625	639	620,68	631,04	335,6224	63,3616
<b>jumlah</b>	<b>375</b>	<b>6875</b>	<b>15517</b>	<b>15517</b>	<b>15472</b>	<b>45785,44</b>	<b>2316,2</b>

Sumber : Penulis

$$\text{Dengan: } Y_i = Y_{\text{rata-rata}} = \frac{\sum Y_{\text{aktual}}}{N} = 620,68$$

Sehingga diperoleh koefisien korelasi sebagai berikut:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (Y - y)^2}{\sum (Y - Y_i)^2} = 0,9508$$

Dengan cara yang sama didapatkan persamaan regresi dan koefisien korelasi sebagai berikut:

- Untuk temperatur elektrolit 35°C

$$Y = -0,6583X^2 + 23,973X + 431,12$$

$$R^2 = 0,9277$$

- Untuk temperatur elektrolit 40°C

$$Y = -0,5777X^2 + 21,551X + 435,24$$

$$R^2 = 0,8957$$

- Untuk temperatur elektrolit 45°C  
 $Y = -0,5771X^2 + 20,618X + 415,88$   
 $R^2 = 0,9274$
- Untuk temperatur elektrolit 50°C  
 $Y = -0,472X^2 + 16,952X + 413,56$   
 $R^2 = 0,8911$

#### 4.2.2.2 Analisa Regresi Temperatur Elektrolit dengan Kekerasan Permukaan

Dengan persamaan  $y = b_0 + b_1X + b_2X^2$  dapat dicari persamaan regresi polinomial untuk data kekerasan pada konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5%. Untuk memudahkan dalam mencari persamaan regresi maka dapat dibuat tabel seperti pada tabel 4.5 berikut:

Tabel 4.5 Data Kekerasan Permukaan untuk Konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5%

No	X	Y	X <sup>2</sup>	X <sup>3</sup>	X <sup>4</sup>	XY	X <sup>2</sup> Y
1	30	530	900	27000	810000	15900	477000
2	30	535	900	27000	810000	16050	481500
3	30	530	900	27000	810000	15900	477000
4	30	531	900	27000	810000	15930	477900
5	30	542	900	27000	810000	16260	487800
6	35	525	1225	42875	1500625	18375	643125
7	35	523	1225	42875	1500625	18305	640675
8	35	525	1225	42875	1500625	18375	643125
9	35	530	1225	42875	1500625	18550	649250
10	35	529	1225	42875	1500625	18515	648025
11	40	509	1600	64000	2560000	20360	814400
12	40	527	1600	64000	2560000	21080	843200
13	40	515	1600	64000	2560000	20600	824000
14	40	519	1600	64000	2560000	20760	830400
15	40	530	1600	64000	2560000	21200	848000
16	45	493	2025	91125	4100625	22185	998325
17	45	507	2025	91125	4100625	22815	1026675
18	45	501	2025	91125	4100625	22545	1014525
19	45	495	2025	91125	4100625	22275	1002375
20	45	497	2025	91125	4100625	22365	1006425
21	50	480	2500	125000	6250000	24000	1200000
22	50	485	2500	125000	6250000	24250	1212500
23	50	475	2500	125000	6250000	23750	1187500
24	50	478	2500	125000	6250000	23900	1195000
25	50	483	2500	125000	6250000	24150	1207500
<b>Jumlah</b>	1000	12794	41250	1750000	76106250	508395	20836225

Sumber : Penulis

Dengan: X = Temperatur elektrolit

Y = Kekerasan permukaan

Untuk memperoleh persamaan regresi dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$\Sigma Y = n.b_0 + b_1.\Sigma X + b_2.\Sigma X^2.$$

$$\Sigma XY = b_0 \Sigma X + b_1.\Sigma X^2 + b_2.\Sigma X^3$$

$$\Sigma X^2Y = b_0 \Sigma X^2 + b_1.\Sigma X^3 + b_2.\Sigma X^4$$

$$12794 = 25 b_0 + 1000b_1 + 41250b_2$$

$$508395 = 1000b_0 + 41250b_1 + 1750000b_2$$

$$20836225 = 41250b_0 + 1750000b_1 + 76106250b_2$$

Dengan menyelesaikan persamaan-persamaan diatas, maka bisa diperoleh harga koefisien regresi yaitu;  $b_0 = -0,1069$ ;  $b_1 = 5,8566$  ;  $b_2 = 453,81$ . Sehingga diperoleh persamaan regresi sebagai berikut:

$$y = -0,1069x^2 + 5,8566x + 453,81$$

Harga koefisien korelasi ( $R^2$ ) dihitung dengan menggunakan bantuan tabel seperti ditunjukkan pada tabel 4.6 berikut ini:

Tabel 4.6 Perhitungan Koefisien Korelasi Data Kekerasan Permukaan

No	X	X <sup>2</sup>	Y	Y <sub>i</sub>	y	(Y-Y <sub>i</sub> ) <sup>2</sup>	(Y-y) <sup>2</sup>
1	30	900	530	511,76	533,298	332,6976	10,8768
2	30	900	535	511,76	533,298	540,0976	2,896804
3	30	900	530	511,76	533,298	332,6976	10,8768
4	30	900	531	511,76	533,298	370,1776	5,280804
5	30	900	542	511,76	533,298	914,4576	75,7248
6	35	1225	525	511,76	527,8385	175,2976	8,057082
7	35	1225	523	511,76	527,8385	126,3376	23,41108
8	35	1225	525	511,76	527,8385	175,2976	8,057082
9	35	1225	530	511,76	527,8385	332,6976	4,672082
10	35	1225	529	511,76	527,8385	297,2176	1,349082
11	40	1600	509	511,76	517,034	7,6176	64,54516
12	40	1600	527	511,76	517,034	232,2576	99,32116
13	40	1600	515	511,76	517,034	10,4976	4,137156
14	40	1600	519	511,76	517,034	52,4176	3,865156
15	40	1600	530	511,76	517,034	332,6976	168,1172
16	45	2025	493	511,76	500,8845	351,9376	62,16534
17	45	2025	507	511,76	500,8845	22,6576	37,39934
18	45	2025	501	511,76	500,8845	115,7776	0,01334
19	45	2025	495	511,76	500,8845	280,8976	34,62734
20	45	2025	497	511,76	500,8845	217,8576	15,08934
21	50	2500	480	511,76	479,39	1008,698	0,3721
22	50	2500	485	511,76	479,39	716,0976	31,4721
3	50	2500	475	511,76	479,39	1351,298	19,2721
24	50	2500	478	511,76	479,39	1139,738	1,9321
25	50	2500	483	511,76	479,39	827,1376	13,0321
<b>Jumlah</b>	1000	41250	12794	12794	12792,23	10264,56	706,5634

Sumber : Penulis

$$\text{Dengan: } Y_i = Y_{\text{rata-rata}} = \frac{\sum Y_{\text{aktual}}}{N} = 511,76$$

Sehingga diperoleh koefisien korelasi sebagai berikut:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(Y - y)^2}{\sum(Y - Y_i)^2} = 0,9491$$

Dengan cara yang sama didapatkan persamaan regresi dan koefisien korelasi sebagai berikut:

- Untuk konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  10%

$$Y = -0,208X^2 + 12,616X + 436,44$$

$$R^2 = 0,9524$$

- Untuk konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  15%

$$Y = -0,1731X^2 + 9,0074X + 540,43$$

$$R^2 = 0,9766$$

- Untuk konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  20%

$$Y = -0,2251X^2 + 13,323X + 449,31$$

$$R^2 = 0,9723$$

- Untuk konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  25%

$$Y = -0,2126X^2 + 12,446X + 454,35$$

$$R^2 = 0,9544$$

#### 4.2.2.3 Analisa Regresi Hubungan Interaksi Antara Konsentrasi $\text{H}_2\text{SO}_4$ Dan Temperatur Elektrolit Dengan Kekerasan Permukaan Aluminium

Persamaan regresi yang digunakan dalam analisis ini adalah persamaan multipolinomial, dengan persamaan umum sebagai berikut:

$$Y = a + b_0.X_1 + b_1X_1^2 + b_2X_2 + b_3X_2^2 + b_4X_1X_2 \quad (4-1)$$

Dengan :

$Y$  = Kekerasan permukaan

$X_1$  = Konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$

$X_2$  = Temperatur elektrolit

$X_1.X_2$  = Interaksi antara Konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan temperatur elektrolit

Sedangkan persamaan normal pada regresi multipolinomial adalah:

$$\sum Y = aN + b_0\sum X_1 + b_1\sum X_1^2 + b_2\sum X_2 + b_3\sum X_2^2 + b_4\sum X_1X_2 \quad (4-2)$$

$$\sum XY = a\sum X_1 + b_0\sum X_1^2 + b_1\sum X_1^3 + b_2\sum X_1X_2 + b_3\sum X_1X_2^2 + b_4\sum X_1^2X_2 \quad (4-3)$$

$$\sum X^2Y = a\sum X_1^2 + b_0\sum X_1^3 + b_1\sum X_1^4 + b_2\sum X_1^2X_2 + b_3\sum X_1^2X_2^2 + b_4\sum X_1^3X_2 \quad (4-4)$$

$$\Sigma X_2 Y = a \Sigma X_2 + b_0 \Sigma X_1 X_2 + b_1 \Sigma X_1^2 X_2 + b_2 \Sigma X_2^2 + b_3 \Sigma X_2^3 + b_4 \Sigma X_1 X_2^2 \quad (4-5)$$

$$\Sigma X_2^2 Y = a \Sigma X_2^2 + b_0 \Sigma X_1 X_2^2 + b_1 \Sigma X_1^2 X_2^2 + b_2 \Sigma X_2^3 + b_3 \Sigma X_2^4 + b_4 \Sigma X_1 X_2^3 \quad (4-6)$$

$$\Sigma X_1 X_2 Y = a \Sigma X_1 X_2 + b_0 \Sigma X_1^2 X_2 + b_1 \Sigma X_1^3 X_2 + b_2 \Sigma X_1 X_2^2 + b_3 \Sigma X_1 X_2^3 + b_4 \Sigma X_1^2 X_2^2 \quad (4-7)$$

Dengan bantuan *Microsoft Excel* didapatkan:

$\Sigma X_1$	= 1875	$\Sigma X_1^3 X_2$	= 28125000
$\Sigma X_1^2$	= 34375	$\Sigma X_1 X_2^2$	= 3093750
$\Sigma X_1^3$	= 703125	$\Sigma X_1 X_2^3$	= 131250000
$\Sigma X_1^4$	= 15296875	$\Sigma X_1^2 X_2^2$	= 56718750
$\Sigma X_2$	= 5000	$\Sigma Y$	= 73343
$\Sigma X_2^2$	= 206250	$\Sigma X_1 Y$	= 1124175
$\Sigma X_2^3$	= 8750000	$\Sigma X_1^2 Y$	= 20761475
$\Sigma X_2^4$	= 380531250	$\Sigma X_2 Y$	= 2907905
$\Sigma X_1 X_2$	= 75000	$\Sigma X_2^2 Y$	= 118908925
$\Sigma X_1^2 X_2$	= 1375000	$\Sigma X_1 X_2 Y$	= 44552275

Dengan memasukkan data yang ada diatas ke persamaan normalnya maka diperoleh persamaan multipolinomial sebagai berikut:

$$73343 = 125 a + 1875 b_0 + 34375 b_1 + 5000 b_2 + 206250 b_3 + 75000 b_4$$

$$1124175 = 1875a + 34375b_0 + 7,03E+05b_1 + 75000b_2 + 3093750b_3 + 1,38E+06b_4$$

$$20761475 = 34375a + 7,03E+05b_0 + 1,53E+07b_1 + 1,38E+06b_2 + 5,67E+07b_3 + 2,81E+07b_4$$

$$2907905 = 5000a + 75000b_0 + 1,38E+06b_1 + 206250b_2 + 8750000b_3 + 3093750b_4$$

$$118908925 = 206250a + 3093750b_0 + 5,67E+07b_1 + 8750000b_2 + 3,81E+08b_3 + 1,31E+08b_4$$

$$44552275 = 75000a + 1,38E+06b_0 + 2,81E+07b_1 + 3093750b_2 + 1,31E+08b_3 + 5,67E+07b_4$$

Dengan bantuan *Microsoft Excel* didapatkan penyelesaian persamaan diatas, yaitu sebagai berikut:

$$a = 483,9525 \quad ; b_0 = 25,0219 \quad ; b_1 = -0,5886$$

$$b_2 = 0,004334 \quad ; b_3 = -0,03518 \quad ; b_4 = -0,088$$

Dengan memasukkan nilai  $a, b_0, b_1, b_2, b_3, b_4$  pada persamaan (3-1) didapatkan persamaan regresi multipolinomial sebagai berikut:

$$Y = 483,9525 + 25,0219X_1 - 0,5886 X_1^2 + 0,004334 X_2 - 0,03518 X_2^2 - 0,088X_1X_2$$

Dengan:

$$Y = \text{Kekerasan permukaan}$$

$$X_1 = \text{Konsentrasi } H_2SO_4$$

$$X_2 = \text{Temperatur elektrolit}$$

$$X_1X_2 = \text{Interaksi antara konsentrasi } H_2SO_4 \text{ dan temperatur elektrolit}$$

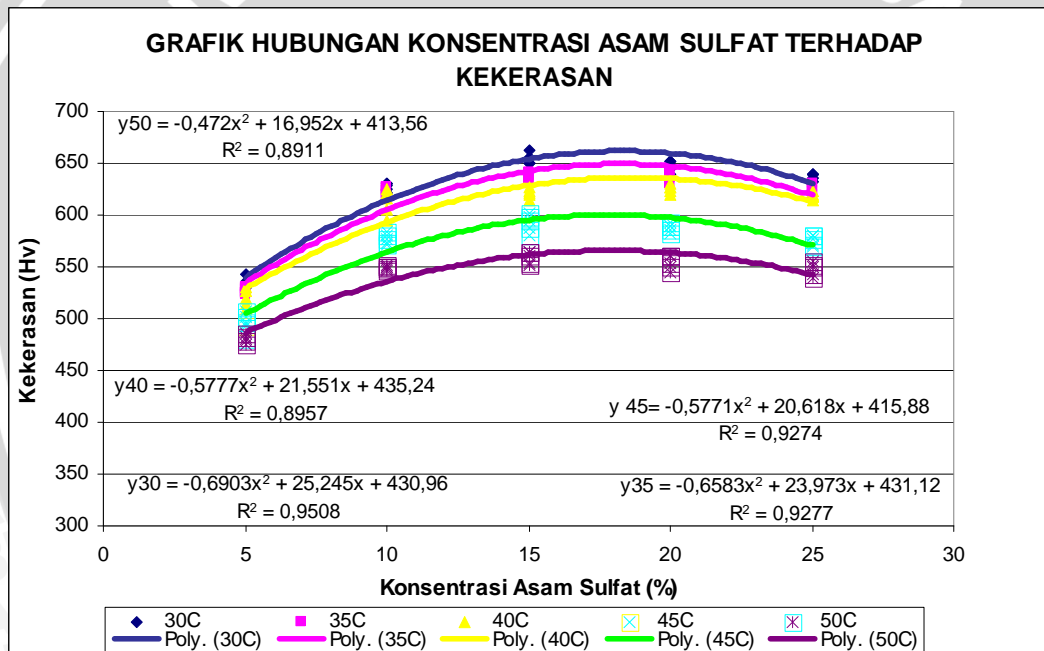
Setelah mencari perhitungan untuk mencari persamaan hubungan antara interaksi antar konsentrasi  $H_2SO_4$  dan temperatur elektrolit terhadap kekerasan, kemudian dilanjutkan perhitungan untuk mencari besar koefisien determinasi ( $R^2$ )

$$\begin{aligned} \text{Dimana } JKR &= JKT - JKG \\ &= 304450,848 - 3072,4 = 301378,4 \end{aligned}$$

$$\text{Sehingga } R^2 = \frac{JKR}{JKT} = 301378,4 / 304450,848 = 0,989908$$

### 4.3 Pembahasan

#### 4.3.1 Analisa Grafik Hubungan Konsentrasi Asam Sulfat Terhadap Kekerasan Permukaan Aluminium Hasil Anodizing



Gambar 4.1 Grafik hubungan konsentrasi  $H_2SO_4$  terhadap kekerasan permukaan Aluminium  
Sumber : Penulis

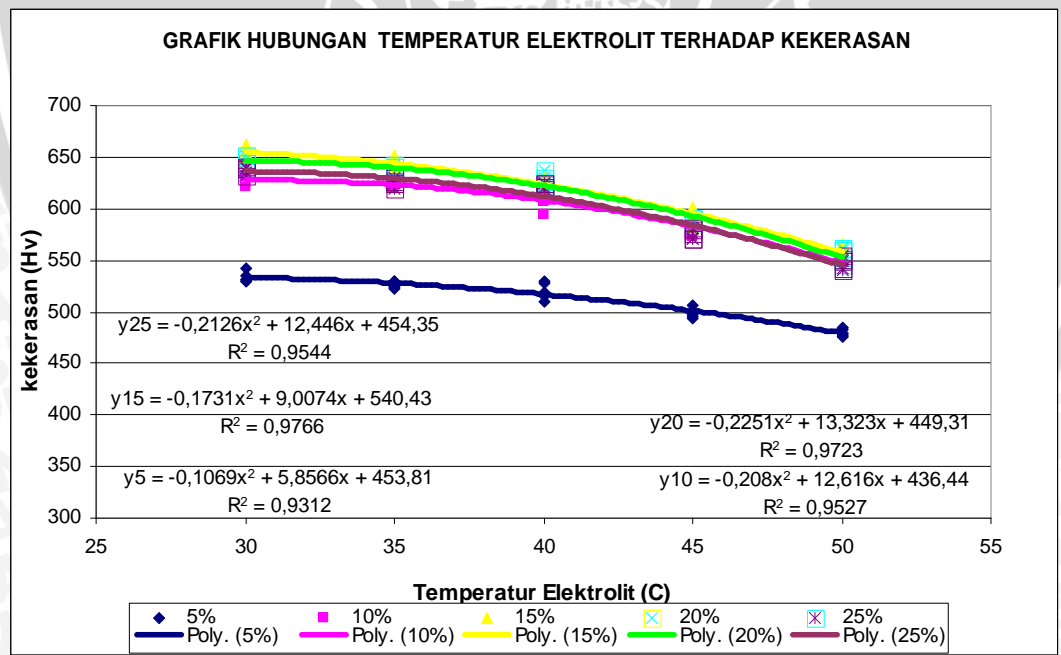
Grafik pada gambar 4.1 diatas menunjukkan *trend* data perubahan kekerasan permukaan aluminium hasil *anodizing* akibat variasi konsentrasi  $H_2SO_4$ . Dari analisa varian didapatkan bahwa  $F_{hitung} = 1477,291$  sedangkan  $F_{tabel} = 2.46$ . Dari data tersebut dapat diketahui bahwa  $F_{hitung} > F_{tabel}$  yang artinya konsentrasi  $H_2SO_4$  berpengaruh terhadap kekerasan permukaan aluminium hasil *anodizing*. Dari pemetaan seluruh variabel konsentasi  $H_2SO_4$  ke dalam persamaan fungsi regresi didapatkan hasil bahwa titik maximum regresi berada pada range 15%-20%, hal ini dapat dilihat dari gambar



4.1. Kekerasan permukaan akan meningkat jika konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> antara 15% sampai 20%.

Pada konsentrasi rendah, semakin rendah konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> cenderung terionisasi menurut persamaan  $H_2SO_4 = 2H^+ + SO_4^{2-}$ , sehingga H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> cenderung menjadi asam monoprotik sehingga kecenderungan terbentuk lapisan oksida akan semakin kecil. Jika konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> tinggi juga cenderung terionisasi menurut persamaan  $H_2SO_4 = 2H^+ + SO_4^{2-}$ . Oleh karena itu pada konsentrasi dibawah 15% kekerasan permukaan hasil *anodizing* didapatkan lebih rendah daripada apabila di *anodizing* pada konsentrasi antara 15% sampai 20%. Begitu juga jika konsentrasi terus ditingkatkan sampai diatas 20% maka kekerasan permukaan hasil *anodizing* akan mengalami penurunan. Karena diatas 20% konsentrasi asam sulfat semakin kental sehingga polarisasi ionik akan menurun dan pembentukan lapisan oksida sangat lambat. Sedangkan pada konsentrasi antara 15% sampai 20% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> akan terionisasi menurut persamaan  $H_2SO_4 = H^+ + HSO_4^-$ , sehingga H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> akan menjadi asam diprotik dan lapisan oksida akan terbentuk dengan baik.

**4.3.2 Analisa Grafik Hubungan Temperatur Elektrolit Terhadap Kekerasan Permukaan Aluminium Hasil Anodizing**

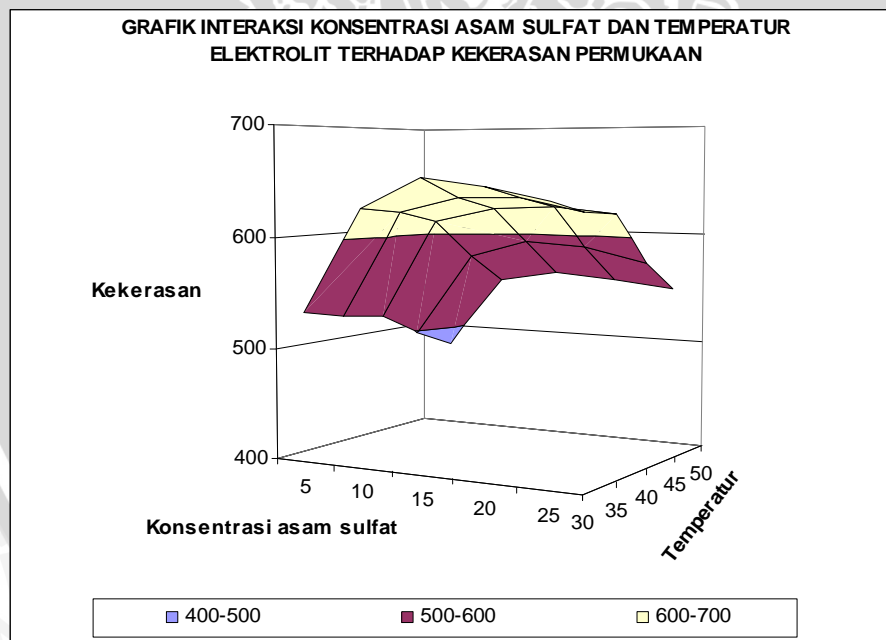


Gambar 4.2 Grafik hubungan temperatur elektrolit terhadap kekerasan permukaan  
Sumber : Penulis

Grafik pada gambar 4.2 menunjukkan *trend* data perubahan kekerasan aluminium hasil *anodizing*. Dari analisa varian didapatkan bahwa  $F_{hitung} = 938,8429$  sedangkan  $F_{tabel} = 2,46$ . Dari data tersebut dapat diketahui bahwa  $F_{hitung} > F_{tabel}$  yang artinya temperatur elektrolit berpengaruh terhadap kekerasan permukaan hasil *anodizing*. Dari grafik diatas dihasilkan bahwa semakin tinggi temperatur elektrolit maka kekerasan permukaan hasil *anodizing* mengalami penurunan.

Peningkatan temperatur pada saat *anodizing* menyebabkan adanya peningkatan abrasi oksida ke dalam larutan. Abrasi ini disebabkan oleh disosiasi oksida berdasarkan persamaan  $Al_2O_3 \rightarrow 2Al^{3+} + 3H_2O$ . Peningkatan temperatur saat *anodizing* mengakibatkan energi untuk disosiasi semakin tinggi sehingga pembentukan lapisan oksida akan lebih lambat dibanding peluruhan lapisan oksida. Hal ini mengakibatkan kekerasan permukaan aluminium semakin menurun

#### 4.3.3 Analisa Grafik Interaksi Konsentrasi Asam Sulfat dan Temperatur Elektrolit Terhadap Kekerasan Permukaan Aluminium Hasil *Anodizing*



Gambar 4.3 Grafik interaksi konsentrasi asam sulfat dan temperatur elektrolit terhadap kekerasan permukaan

Sumber : Penulis

Grafik pada gambar 4.3 menunjukkan *trend* data perubahan kekerasan permukaan aluminium hasil anodizing akibat dari variasi konsentrasi  $H_2SO_4$  dan temperatur elektrolit. Dari analisa varian didapatkan  $F_{AB\ hitung} = 9,04267$  sedangkan  $F_{AB}$

tabel = 1,745. dari data tersebut dapat diketahui bahwa  $F_{AB \text{ hitung}} > F_{AB \text{ tabel}}$  yang artinya terdapat interaksi antara konsentrasi  $H_2SO_4$  dan temperatur elektrolit terhadap kekerasan permukaan aluminium hasil *anodizing*. Pada konsentrasi 15% sampai 20% didapatkan kekerasan yang paling tinggi apabila konsentrasi yang digunakan dibawah 15% atau diatas 20% maka kekerasannya cenderung menurun. Apabila diikuti peningkatan temperatur maka kekerasannya akan menurun.



## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari analisa data hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya maka dapat diambil kesimpulan bahwa konsentrasi asam sulfat dan temperatur elektrolit berpengaruh terhadap kekerasan permukaan aluminium hasil *anodizing*.

Pada konsentrasi dibawah 15% dan diatas 20% kekerasan permukaan aluminium hasil *anodizing* mengalami penurunan dan konsentrasi asam sulfat yang ideal untuk proses *anodizing* adalah antara 15% sampai 20%, pada konsentrasi ini kekerasan permukaan yang dihasilkan mencapai 661,7 Hv. Sedangkan semakin tinggi temperatur elektrolit maka kekerasan permukaan aluminium hasil *anodizing* mengalami penurunan. Kekerasan permukaan terendah adalah sebesar 479,39 Hv.

### 5.2 Saran

Untuk mendapatkan pemahaman yang lebih lanjut mengenai proses *anodizing* dapat dilakukan penelitian dengan memvariasikan parameter-parameter yang lain, antara lain rapat arus, tegangan, jenis larutan elektrolit, dan waktu *anodizing*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2002, *Chemistry notes chapter 25*, USA. [Http://www.dene.praire.com/win2.pdf](http://www.dene.praire.com/win2.pdf)
- Brace A.W and Sheasby P.G, *Alubook-lexical knowledge about aluminium*, England. [Http://www.alu-info.dk](http://www.alu-info.dk)
- Hifni M, 1992, *Analisis Varian dan Penerapannya*, Malang : Kopma Press
- International Aluminium Institute Statisticals report, 2006 [Http://www.world-aluminium.org](http://www.world-aluminium.org)
- Kardigen F, 1999, *Electro Chemical Characterization of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Ni Thin Film Selective Surface on Aluminium*, Tokyo Japan, [Http://Journal.tubitac.gov.tr/Chem/issues/Kim-99-23-4/Kim-23-4-5-11.Pdf](http://Journal.tubitac.gov.tr/Chem/issues/Kim-99-23-4/Kim-23-4-5-11.Pdf)
- Lakhtin.V, 1997, *Physical Metallurgy Engineering 2<sup>nd</sup> edition*, Moscow, Peace Publisher
- N. V Parthasaradhy, 1989, *Practical Electroplating Handbook*, New Jersey USA, Prentice-Hall, Inc
- Richardson J.F, 2002, *Redoks Reaction and Electrochemistry*, Boston, Butterworth-Heinmann
- Sato T, 1997, *Theories of Anodized Aluminium-100 Q&A*, Japan [Http://www.mc.mat.shibaura-it.ac.jp](http://www.mc.mat.shibaura-it.ac.jp)
- Surdia Tata, Saito Shiroku, 2000, *Pengetahuan Bahan dan Teknik*, Jakarta, PT Pradnya Paramita
- Sanders. R, 1950, *The Canning Handbook On Electroplating 3<sup>rd</sup> edition*, New York, Mc Graw-Hill, Inc



# LAMPIRAN

Lampiran 1. Foto bahan dan alat *anodizing*



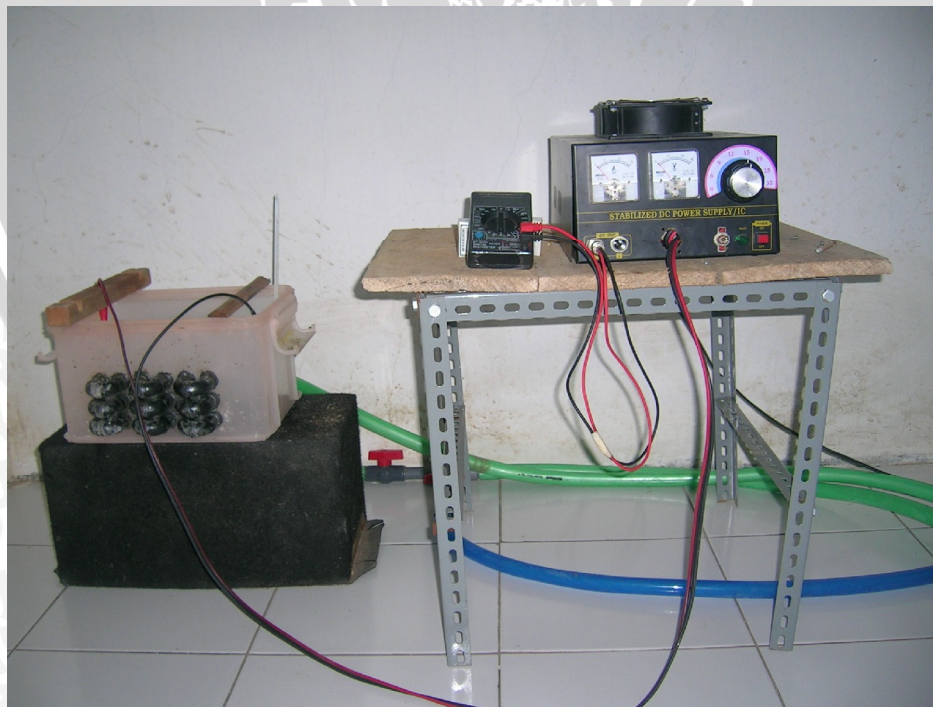
Spesimen sebelum proses *anodizing*



Spesimen setelah proses *anodizing*



Bahan untuk proses pre-treatment dan *anodizing*



Alat untuk proses *anodizing*



Lampiran 2. Surat Keterangan Penelitian *Anodizing* dari CV. Advance Measurement Device (AMD)



CV. AMD  
Griya Sampoerna G5/4 Karang Ploso Malang  
Telp (0341) 499217 Fax (0341) 499217  
<< Advance Measurement Device >>

**SURAT KETERANGAN**

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Adi Wijaya, ST  
Jabatan : Kepala CV AMD malang

Menerangkan bahwa:

Nama : Kristin Dini Nurani  
Nim : 0001063163-62  
Institusi : Teknik Mesin, Universitas Brawijaya Malang

Mahasiswa tersebut diatas telah melaksanakan percobaan penelitian tentang anodizing di CV AMD malang, berkaitan dengan penyelesaian tugas akhir/TA

Demikian surat keterangan ini diberikan untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Malang, 27 Juni 2006



Kepala CV AMD Malang  
( Adi Wijaya, ST )

Email: amd\_malang@amd-indonesia.com

**Lampiran 3. Laporan Hasil Analisis Komposisi Paduan Aluminium dari Lab Lingkungan Jurusan Kimia FMIPA Unibraw Malang**



**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG  
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA  
JL. VETERAN TELP. (0341) 575838 MALANG 65145**

**LAPORAN HASIL ANALISA**

NO : LG.045/RT.5 / T.1 / R.0 / TT. 150803 / 2005

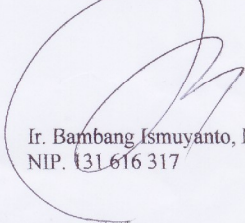
1. Data konsumen :
- Nama konsumen : Kristin Dini Nurani. ( NIM. : 0001063183 - 62 )
  - Instansi : Fakultas Teknik Jur. Teknik Mesin Unibraw.
  - Alamat : Jl. MT. Haryono No. 167 Malang - 65145
  - Telepon : (0341) 553286
  - Status : Mahasiswa
  - Keperluan analisis : Penelitian
2. Sampling dilakukan : Ofeh konsumen
3. Identifikasi sampel
- Nama sampel : **Serbuk Aluminium**
  - Wujud : Padatan
  - Warna : Abu - abu
  - Bentuk : Serbuk
4. Prosedur analisa : Dari Lab. Lingkungan Jurusan Kimia FMIPA Unibraw Malang.
5. Penyampaian laporan hasil analisis : Diambil sendiri
6. Tanggal terima sampel : 19 Desember 2005
7. Data Hasil Analisa :

Parameter	Hasil Analisa		Metode analisa	
	Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
Fe	12870,55 ± 190,59	mg/Kg.	HNO <sub>3</sub>	AAS
Cu	1856,28 ± 7,54	mg/Kg.	HNO <sub>3</sub>	AAS
Mg	2198,69 ± 20,20	mg/Kg.	HNO <sub>3</sub>	AAS
Zn	7699,08 ± 64,88	mg/Kg.	HNO <sub>3</sub>	AAS
Al	761365,71 ± 0,12	ppm	Aquaregia - Aluminon	Spektrofotometri
Si	1,46 ± 0,01	%	Aquaregia	Gravimetri
Mn	17231,66 ± 0,58	ppm	NaIO <sub>4</sub> -(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	Spektrofotometri

- Catatan :
1. Hasil analisa ini adalah nilai rata - rata pengerjaan analisis secara duplo.
  2. Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.

Malang, 29 Desember 2005

Mengetahui :  
Ketua  
  
M. Fandi Rahman, S.Si, M.Si  
NIP. 132.158.726

Kalab. Lingkungan  
  
Ir. Bambang Ismuyanto, MS.  
NIP. 131.616.317

Lampiran 4. Laporan Hasil Pemeriksaan Kadar Larutan dari PT. BRATACO CHEMICA

HASIL PEMERIKSAAN



Nama Bahan : Asam Sulfat / H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  
Batch : J 1519/6  
Ex : lokal

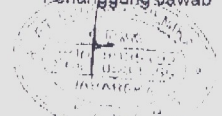
Jenis pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan
Pemerian	Cairan jernih, seperti minyak, berwarna kecoklatan, bau sangat tajam dan korosif
Kelarutan	Bercampur dengan air dan etanol dengan menimbulkan panas
Identifikasi	Menunjukkan reaksi <i>Sulfat</i> cara A,B dan C pada Uji Identifikasi Umum F.I.ed.IV
Bobot Jenis	1,8393 g/ml
Kadar	98,36%

Kesimpulan : Memenuhi syarat

Pemeriksa

Nur Komarawati, S. Si  
Analisis

Cikarang, 10 Mei 2006  
Penanggung Jawab



Dra. Tri Hartati  
Apoteker  
S.I.K. 3836/B

KANTOR PUSAT : Jl. Cideng Barat No. 78 Jakarta Pusat 10150, Telp. : (021) 3522733 (Hunting 5 Lines)  
Fax. : (021) 3452625, E-mail : brataco@idola.net.id

KANTOR CABANG :

- JAKARTA : Jl. Mangga Besar V No. 6, Jakarta 11180  
Telp. : (021) 8120312 (Hunting 3 Lines), (021) 8290113 (Hunting 3 Lines) Fax. : (021) 8292430
- SURABAYA : Jl. Tidar No. 89 Telp. (031) 8322887, 8467887, 8325057 Fax. (031) 8310485
- BEMARANG : Jl. Pelerongan Timur No. 4 Telp. (024) 414980, 412300 Fax. (024) 412300
- BANDUNG : Jl. Kenteng No. 8 Telp. (022) 677129, 830807, 830808 Fax. (022) 831979
- MEDAN : Jl. Terusan Jakarta No. 77 G Telp. : (022) 7101277, 7210308-310 Fax. : (022) 7101277

KANTOR PERWAKILAN : PALEMBANG, PADANG, LAMPUNG, BALIKPAPAN, UJUNG PANDANG, BANJARMASIN, MENADO dan DENPASAR

Hasil pemeriksaan kadar larutan asam sulfat ( H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> )

HASIL PEMERIKSAAN



Nama Bahan : Asam Nitrat /  $\text{HNO}_3$   
 Batch : J 444/06  
 #x : lokal

Jenis pemeriksaan	Persyaratan	Hasil
Wemerian	Cairan berasap, sangat korosif, bau khas, sangat merangsang	sesuai
Identifikasi	Menunjukkan reaksi Nitrat cara A, B, dan C seperti yang tertera dalam Uji Identifikasi Umum F.I ed IV	positif
Bobot Jenis	$\pm 1,41$	1.3956
Kadar	69,0% - 71,0%	69,70%

Kesimpulan : *Memuenuhi syarat*

Pemeriksa

Nur Komarawati, S. Si  
 Analis

Cikarang, 10 Mei 2006  
 Penanggung Jawab

Dra. Tri Hartati  
 Apoteker  
 S.I.K. 3836/B

- KANTOR PUSAT : Jl. Cikeng Barat No. 78 Jakarta Pusat 10150, Telp. : (021) 3522733 (Hunting 5 Lines)  
 Fax. : (021) 3452625, E-mail : brataco@idola.net.id
- KANTOR CABANG :
- JAKARTA : Jl. Mangga Besar V No. 6, Jakarta 11180  
 Telp. : (021) 6120312 (Hunting 3 Lines), (021) 6290113 (Hunting 3 Lines) Fax. : (021) 6292430
  - SURABAYA : Jl. Tidar No. 89 Telp. (031) 6322887, 5467667, 5325087 Fax. (031) 5310485
  - SEMARANG : Jl. Pelerangan Timur No. 4 Telp. (024) 414980, 412300 Fax. (024) 412300
  - BANDUNG : Jl. Kleneng No. 8 Telp. (022) 677129, 630807, 630808 Fax. (022) 631979  
 Jl. Terusan Jakarta No. 77 G Telp. : (022) 7101277, 7210308-310 Fax. : (022) 7101277
  - MEDAN : Jl. Abdullah Lubis No. 27 A / 41 Telp. : (061) 578303, 542041 Fax. : (061) 542041
- KANTOR PERWAKILAN : PALEMBANG, PADANG, LAMPUNG, BALIKPAPAN, UJUNG PANDANG, BANJARMASIN, MENADO dan DENPASAR

Hasil pemeriksaan kadar larutan asam nitrat (  $\text{HNO}_3$  )

Lampiran 5. Surat Keterangan dari Departemen Multi Skill Services ( MSS )  
PPPGT/VEDC Malang



Jl. Teluk Mandar, Arjosari, Tromol Pos 5 Malang  
Telp. (0341) 491239 – 495849, Fax (0341) 491342  
e-mail: vedcmalang@vedcmilg.itgo.com

## SURAT KETERANGAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Drs. Sukaini  
NIP : 131 413 439  
Jabatan : Wakil Kepala Departemen Multi Skill Service ( MSS )  
PPPGT / VEDC Malang

menerangkan bahwa ,

Nama : Kristin Dini Nurani  
NIM : 0001063163-62  
Jabatan : Mahasiswa Teknik Mesin Produksi  
Univ. Brawijaya Malang

Mahasiswa tersebut diatas telah melaksanakan pengambilan Data Uji Kekerasan dengan Sonohard untuk spesimen hasil pelapisan Anodizing pada Departemen Multi Skill Service PPPGT/VEDC Malang, berkaitan dengan penyelesaian tugas akhir / TA.

Demikian surat keterangan ini diberikan untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Malang, 05 Januari 2006

Wakil Kepala Departemen MSS



Drs. Sukaini  
NIP. 131 413 439

**Lampiran 6. Data Hasil Pengujian Kekerasan Permukaan Aluminium dari Departemen Multi Skill Services (MSS ) PPPGT/VEDC Malang**



Jl. Teluk Mandar, Arjosari, Tromol Pos 5 Malang  
 Telp. (0341) 491239 – 495849, Fax (0341) 491342  
 e-mail: vedcmalang@vedcmilg.itgo.com

Data Hasil Pengujian Kekerasan (Hv)

Variabel		KONSENTRASI H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (%)				
		5	10	15	20	25
TEMPERATUR (°C)	30	530	631	650	651	635
		535	630	655	640	639
		530	625	650	651	640
		531	628	645	648	632
		542	621	649	645	639
	35	525	627	630	643	625
		523	620	635	630	624
		525	619	641	635	630
		530	627	638	636	627
		529	623	640	640	620
	40	509	625	630	637	621
		527	616	623	630	625
		515	606	620	623	620
		519	621	625	627	624
		530	595	630	620	618
	45	493	576	598	590	580
		507	574	581	587	576
		501	580	594	591	581
		495	572	601	590	570
		497	584	588	586	571
50	480	549	551	553	552	
	485	550	560	561	540	
	475	551	551	560	555	
	478	547	558	545	542	
	483	550	554	550	550	

Malang, 25 Januari 2006  
 An Kepala Departemen MSS  
 Penguji Laboratorium



Dadang Agus Trifianto, ST  
 NIP. 132301775