

Pengaruh Temperatur Dan Waktu Proses Anodisasi Puley Aluminium Dalam Larutan H₂SO₄ Encer Dan Campuran Larutan (H₂SO₄+H₂C₂O₄) Encer

Estuti Budimulyani ¹

Staf pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta
Kampus Baru UI Depok 16424,telp.(021)7863530
Email : estuti@mesin.pnj.ac.id

Abstract

Aluminum anodizing is an electrochemical process on aluminum metal with the aim of obtaining a thin layer of aluminum oxide that are better than aluminum metal itself, known as alumina. This study focuses on the process of anodizing aluminum in a solution of H₂SO₄ and in mixtures with H₂C₂O₄ watery, and the influence of the length of processing time and temperature on the characteristics of the coating solution is formed. In this research, test equipment SEM, EDX and micro hardness testing was instrumental in producing accurate data. Expected type layer is a layer which has a hardness value higher than the base metal and has shaped the structure of a barrier layer and a porous layer. The results achieved in this anodizing process shows the growth of a thin layer of "a porous layer" at a temperature of 16oC with alumina film growth rate 0.7133 μm per minute and a decrease in hardness HV 1.3 / μm per minute in a solution of H₂SO₄ 200 g / l, being in the mix solution of H₂SO₄ 200 g / l and mixed with oxalic acid at 10 to 40 g / l occurred a layer growth speed 0.073 μm to 0.173 μm per minute and 0.513 decrease in hardness HV / μm to 6.2 HV / μm.

Key words: anodizing Aluminium, hardness, temperature, time, solution of sulfuric acid and oxalic acid.

Abstrak

Anodisasi Aluminium merupakan suatu proses elektrokimia pada logam Aluminium dengan tujuan memperoleh lapisan tipis Aluminium Oksida yang sifatnya lebih baik dari pada logam Aluminium itu sendiri yang dikenal dengan alumina. Penelitian ini menitikberatkan pada proses anodisasi Aluminium dalam larutan H₂SO₄ dan dalam campurannya dengan H₂C₂O₄ encer,serta pengaruh lamanya waktu proses dan suhu larutan terhadap karakteristik lapisan yang terbentuk. Pada penelitian ini,peralatan test SEM,EDX dan uji kekerasan mikro sangat berperan dalam menghasilkan data yang akurat. Jenis lapisan yang diharapkan adalah lapisan yang memiliki nilai kekerasan lebih tinggi dari logam dasarnya dan memiliki struktur berbentuk barrier layer maupun porous layer. Hasil yang dicapai pada proses anodisasi ini menunjukkan pertumbuhan lapisan tipis "porous layer" pada suhu 16oC dengan kecepatan pertumbuhan lapisan alumina 0,7133 μm per menit dan penurunan kekerasan 1,3 HV/μm permenit dalam larutan H₂SO₄ 200 g/l, sedang dalam campuran larutan H₂SO₄ 200 g/l dan campurannya dengan asam oksalat sebesar 10 sampai 40 g/l terjadi kecepatan pertumbuhan lapisan 0,073 μm sampai 0,173 μm per menit dan penurunan kekerasan 0,513 HV/μm sampai 6,2 HV/μm.

Kata kunci : Anodisasi Aluminiu , kekerasan , suhu, waktu, larutan asam sulfat dan asam oksalat.

I. PENDAHULUAN

Puley merupakan salah satu komponen pokok dalam mesin yang akan

mengalami beban kerja yang terus menerus selama mesin itu bekerja. Untuk memenuhi operasi kerja

tersebut, maka puley harus memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

- Mampu menahan tekanan kerja yang cukup tinggi dan mempunyai kekerasan yang cukup
- Stabil pada suhu yang cukup tinggi tanpa mengakibatkan perubahan bentuk dan volume dari puley itu sendiri
- Mampu menahan gaya geser akibat gesekan dengan karet keras yang berputar dengan kecepatan tinggi
- Memiliki tingkat pemakaian energi yang optimum untuk dapat berputar terus menerus sehingga berfungsi sebagai pemindah daya.

Untuk memenuhi kondisi kerja tersebut diatas, maka bahan material puley yang digunakan adalah aluminium alloy (Al-Si-Mg) dan salah satu cara untuk mendapatkan kekerasan yang optimum dari puley tersebut adalah dengan memanfaatkan proses anodisasi pada aluminium, terutama untuk daerah yang bergesekan dengan karet penghubungnya (Gambar 1.1), dimana lapisan yang terbentuk merupakan lapisan alumina (Al_2O_3) yang memiliki sifat lebih keras dari logam dasar (Aluminium) dan lapisan itu sendiri bukan merupakan lapisan baru yang terpisah melainkan lapisan yang menyatu yang terbentuk kedalam permukaan puley aluminium yang sifatnya permanen.

Beberapa alasan dilakukannya anodisasi⁽¹⁾ adalah sebagai berikut :

1. Meningkatkan ketahanan terhadap korosi
2. Meningkatkan daya adhesi pada proses pengecatan dengan adanya lapisan tipis alumina yang berpori
3. Meningkatkan daya tahan terhadap abrasi
4. Dapat memberikan pewarnaan terhadap aluminium, karena zat warna organik masuk melalui lapisan tipis alumina yang berpori

5. Sebagai insulator listrik



Gambar 1. Pulley yang dianodisasi dan diwarnai

Secara umum, proses anodisasi dibagi menjadi 3 (tiga) macam⁽¹⁾ yaitu :

1. Type Chromic, jika larutan yang digunakan adalah asam chromat
2. Type Sulfuric, jika larutan yang digunakan adalah Asam Sulfat
3. Hard Process, jika larutan yang digunakan adalah Asam Sulfat pada temperatur dibawah $20^{\circ}C$ atau campuran larutan asam sulfat dan asam oksalat pada temperatur ruang.

Dalam penelitian ini, penulis melakukan penelitian terhadap proses anodisasi aluminium pada pulley dalam larutan asam sulfat dan dalam campurannya dengan asam oksalat ($H_2SO_4 + H_2C_2O_4$), kemudian dicelupkan dalam zat warna untuk memperoleh pulley yang berwarna sehingga diperoleh pulley yang mempunyai kekerasan yang lebih besar dan penampilan yang menarik.

II. LATAR BELAKANG

Logam Aluminium (Al) merupakan logam yang berwarna putih, mudah teroksidasi (reaktif), mempunyai sifat ulet, mudah

dibentuk, ringan, kuat, tangguh dan tahan terhadap korosi. Karena sifatnya tersebut dan mudah diperoleh dengan harga yang tidak terlalu mahal maka aluminium telah menjadi salah satu logam yang paling luas penggunaannya di dunia industri khususnya sektor industri mesin, contohnya : pulley. Karena logam ini dapat diwarnai setelah melalui proses anodisasi, maka untuk menambah keindahan pulley dan

sekali­gus memperkeras sehingga tahan terhadap gesekan dan goresan, anodisasi adalah cara yang paling tepat untuk itu.

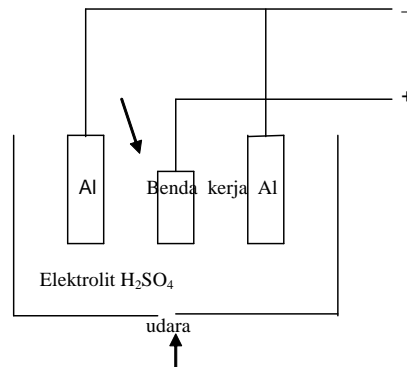
Penelitian ini berdasarkan pada kereaktifan logam aluminium untuk teroksidasi dengan lingkungan sehingga akan membentuk lapisan oksida tipis Al_2O_3 pada permukaannya yang sekaligus berfungsi sebagai pelindung. Lapisan oksida aluminium yang terbentuk secara oksidasi dengan lingkungan tidak terlalu tebal sehingga kekerasannya hampir tidak berubah dan daya serap terhadap zat warna organik tidak terjadi, sehingga diperlukan proses elektrolisa (anodisasi) untuk mempertebal lapisan oksida aluminium yang berpori-pori yang akan mampu menyerap zat warna jika ingin diwarnai dan sekaligus membuat kekerasannya jauh berbeda dibanding tanpa proses anodisasi. Ketebalan lapisan oksida yang terbentuk dengan udara terbuka sekitar $0,1 \times 10^{-6}$ sampai $0,4 \times 10^{-6}$ in ($0,25 - 1 \times 10^{-2} \mu\text{m}$)⁽²⁾.

III. ANODISASI

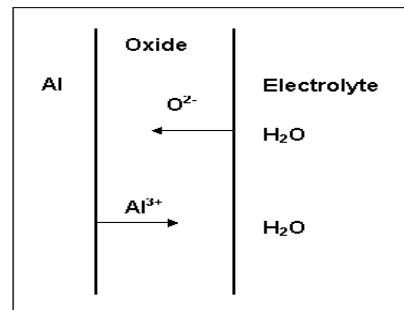
Anodisasi (anodizing) adalah proses pembentukan lapisan oksida tipis pada permukaan logam Aluminium melalui proses elektrolisa didalam larutan elektrolit. Tidak sama dengan proses elektrokimia, anodisasi dapat diterangkan diterangkan sebagai berikut (Lihat Gambar 2)⁽²⁾. Dalam suatu larutan elektrolit H_2SO_4 , jika elektroda terbuat dari Platinum (Pt) atau bahan logam lainnya yang tidak akan terlarut di anoda (elektroda positif) maka gas Oksigen akan dibebaskan di anoda dan gas Hidrogen akan dibebaskan di katoda dan tidak ada logam yang terlarut. Tapi jika anoda terbuat dari logam tembaga (Cu), maka tembaga (Cu) akan melarut di larutan asam dan kemudian akan diredesit kembali di katoda.

Namun, ketika anoda terbuat dari Aluminium, demikian juga dengan katoda dan ketika diberikan arus listrik, pada anoda, Aluminium (Al) tidak

akan melarut seperti tembaga (Cu). Sebagian besar oksigen yang terbebas akan bereaksi dengan aluminium membentuk lapisan tipis aluminium oksida atau alumina (*Aluminum Oxide*), sedangkan hydrogen akan dibebaskan pada katoda. Ilustrasi ion transport yang terjadi pada proses anodisasi dapat digambarkan sebagai berikut :

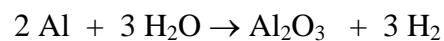


Gambar 2. Rangkaian listrik proses anodizing

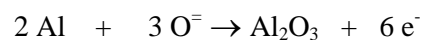


Gambar 3. Ilustrasi ion transport melalui lapisan oksida⁽³⁾

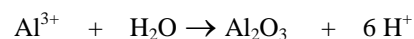
Reaksi total yang berlangsung selama anodisasi adalah :



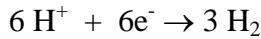
Reaksi oksidasi terjadi pada daerah anoda, berdasarkan ilustrasi gambar 3 maka daerah anoda ada 2 yaitu batas permukaan metal/oksida dan oksida/elektrolit. Pada batas permukaan metal/oksida terjadi reaksi oksidasi :



Sedangkan pada batas permukaan oksida/elektrolit terjadi reaksi oksidasi :



Pada katoda terjadi gas H_2 dengan reaksi sbb :

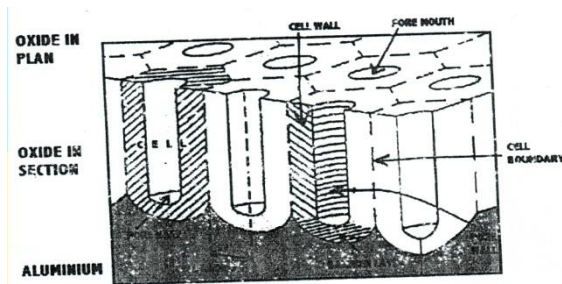


Proses elektro-kimia yang terjadi ini disebut dengan proses anodisasi aluminium.

Karakterisasi dari lapisan yang terbentuk tergantung dari larutan elektrolit yang digunakan. Lapisan yang terbentuk terdiri dari dua jenis (gambar), yaitu :

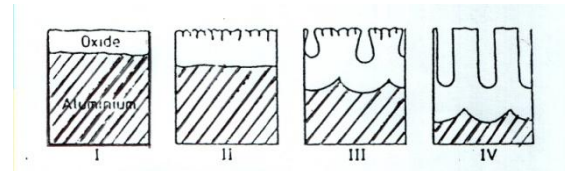
1. Lapisan tipis barrier (*Barrier Type Oxide Film*)
2. Lapisan tipis berpori (*Porous Type Oxide Film*)

Lapisan *barrier type oxide film* terbentuk pada proses anodisasi dengan menggunakan larutan ammonium borat, phosphate atau tartrate (pH 5 sampai 7). Dimana kemampuan dari larutan tersebut untuk membentuk lapisan alumina lemah, sehingga lapisan yang terbentuk akan sangat tipis. Sedangkan lapisan tipis berpori (*Porous Type Oxide Film*) terbentuk pada proses anodisasi dengan menggunakan larutan asam seperti larutan asam sulfat, asam kromat (chromic acid), asam fosfat ataupun dalam larutan oksalat



Gambar 4. Skema barrier type oxide film dan porous type oxide film(4)

Pada proses anodisasi, jika aluminium dielektrolisa pada tegangan (V) yang konstan dalam larutan asam sulfat atau larutan asam sulfat dan asam oksalat ($H_2SO_4 + H_2C_2O_4$), maka akan terbentuk lapisan tipis alumina dengan posisi lapisan tersebut bukan terbentuk diatas permukaan bahan induk, melainkan masuk kedalam bahan induk yang prosesnya dapat dilihat pada gambar 5 (4)



Gambar 5. Diagram proses terbentuknya lapisan Al_2O_3 (4)

Pada gambar 5, terlihat bahwa arah pelapisan alumina terbentuk tidak dari permukaan terluar bahan induk (Aluminium), melainkan dari permukaan terluar bahan induk masuk kedalam bahan induk, dimana proses pelapisan yang terbentuk pertamakali bersifat *barrier type film oxide* (gambar I) kemudian pelapisan *barrier type oxide film* ini mulai menebal (gambar II) hingga terbentuk lapisan tipis yang berpori (*porous type oxide film*) (gambar III) yang kemudian terus menebal sejalan dengan lamanya proses (gambar IV).

Sifat Mekanik

Pada umumnya keramik memiliki titik lebur yang tinggi sekitar $2050^{\circ}C$. Beberapa sifat thermal alumina dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan sifat thermal alumina dengan bahan lain(7)

Material	Temperatur Leleh ($^{\circ}C$)	Kapasitas Panas ($J/kg.K$)	Koefisien Muai Linier ($1/^{\circ}C \times 10^{-6}$)	Konduktivitas Thermal ($W/m.K$)
Aluminium (Al)	660	900	23,6	247
Tembaga (Cu)	1063	386	16,5	398
Alumina (Al_2O_3)	2050	775	8,8	30,1

Kapasitas panas adalah energi yang dibutuhkan untuk meningkatkan temperatur material tersebut, dengan satuan $kal/mol.^{\circ}K$ atau $joule/mol.^{\circ}K$ atau $J/kg.^{\circ}K$. Konduktivitas thermal (K) adalah laju aliran panas yang terjadi pada material, dengan satuan $J/det.m^2.^{\circ}K$ m atau $W/m.^{\circ}K$, dimana J adalah jumlah panas, m^2 adalah luas bidang yang dialiri panas dan m adalah jarak panas yang tegak lurus bidang alir.

Tabel 2. Data kekerasan beberapa material(6)

Material	Komposisi	Skala Mohs	Nilai kekerasan Knoop

Intan	C	10	8000
Corundum	Al ₂ O ₃	9	2000
Topaz	SiAl ₂ F ₂ O ₄	8	1500
Quartz	SiO ₂	7	1000

Alumina memiliki tingkat kekerasan 9 menurut skala Mohs dengan nilai kekerasan Knoop sebesar 2000 (lihat Tabel 2) sehingga alumina memiliki tingkat kekerasan satu nilai dibawah intan.

IV. METODOLOGI PENELITIAN

Prosedur yang dilakukan oleh peneliti untuk melakukan proses anodisasi ini dibagi menjadi 4 bagian yaitu :

1. Proses Persiapan
2. Proses Elektrolisa
3. Proses Pewarnaan
4. Proses Akhir

Ad.1. Proses Persiapan

Bahan uji yang disiapkan peneliti adalah bahan uji pulley aluminium dengan material type 6061-T6 . Bahan uji pulley yang ada dibagi menjadi 8 (delapan) bagian, sehingga tiap bahan uji yang akan dipergunakan memiliki luas permukaan yang dianodisasi sebesar $\pm 42 \text{ cm}^2$. Untuk setiap potongan bahan uji tersebut dilakukan perlakuan yaitu :

1. Pengampelasan dengan kertas ampelas dengan grade P220 sampai P800 untuk membersihkan kotoran dan menghaluskan permukaan.
2. Pencucian bahan uji dengan campuran larutan deterjen dan natrium karbonat, kemudian dietching dalam larutan natrium hidroksida, dibilas dengan air mengalir, netralising dalam larutan asam nitrat, dibilas, dan terakhir polishing dalam campuran asam nitrat dan asam fosfat, dibilas lagi sebelum anodisasi.

Ad.2. Proses Elektrolisa

Proses elektrolisa disini adalah proses pembentukan lapisan oksida pada permukaan objek (pulley) atau anodizing dengan meletakkan objek pada anoda (kutub +) dengan menggunakan kawat yang terbuat dari

aluminium dan lempengan logam aluminium pada katoda (kutub -).

1. Bak Perendaman

Adalah tempat untuk merendam bahan uji pulley, material yang digunakan sebaiknya PVC atau material yang tahan terhadap H₂SO₄ dan H₂C₂O₄.

2. Larutan Elektrolit

Merupakan larutan elektrolit sebagai media reaksi untuk terbentuknya lapisan Al₂O₃ (Alumina). Larutan elektrolit yang digunakan dalam penelitian ini adalah larutan asam sulfat (H₂SO₄) dan campuran larutan asam sulfat + asam oksalat (H₂C₂O₄).

3. Alat pengukur suhu (thermometer)

4. Alat Pendingin Larutan

Alat yang dipakai untuk mendinginkan larutan pada penelitian ini adalah dengan memasukkan potongan2 es batu disekitar bak rendaman yang kemudian dipertahankan suhunya dengan mengganti es batu yang mencair dengan es batu yang baru.



Gambar 6. Peralatan anodisasi

Untuk setiap bahan uji yang telah siap, masing-masing kemudian direndam kedalam larutan yang berisi larutan H₂SO₄ dan campuran larutan H₂SO₄ + H₂C₂O₄. Posisi benda kerja dihubungkan dengan kutub (+) atau pada anoda, sedangkan untuk membuat reaksi elektrolisa ini berjalan pada kutub negatif (-) dipasang logam aluminium (Gambar 2). Untuk masing-masing bahan uji dilakukan beragam perubahan parameter anodisasi (Tabel 3) sebagai berikut :

1. Rapat Arus
2. Waktu Perendaman

3. Temperatur Perendaman
4. Penambahan Jumlah Asam Oksalat Yang Bervariasi

Ad.3. Proses pewarnaan

Proses pewarnaan pada penelitian disini adalah untuk memperoleh aluminium (pulley) yang berwarna-warni sehingga diperoleh penampilan pulley yang lebih menarik. Setelah proses anodisasi, benda kerja dibilas dalam air mengalir selanjutnya dicelupkan dalam zat warna selama beberapa menit untuk mendapatkan warna-warna yang diinginkan.

Ad.4. Proses Akhir .

Setelah benda kerja diwarnai dalam zat warna kemudian dibilas untuk membersihkan dari kotoran dalam air yang mengalir. Jika proses pewarnaan berhasil, maka proses pencucian akhir tidak akan menghilangkan zat warna.

Tabel 3. Data perlakuan benda kerja

No. Benda kerja	Rapat arus	Waktu	Suhu	Keterangan	
A1.	0,4 A; 19-25V	30'	16°C	Dalam Larutan : [H ₂ SO ₄]= 200 g/l	
A2.	0,4A; 17-19V	45'			
A3.	0,8A; 22-24V	60'			
A4.	0,3 A ; 3,1V	30'		Temp. Ruang	35°C
A5.	0,4 A ; 6 V	45'			
A6.	0,3 A ; 3 V	60'			
A7.	0,8 A ; 3 V	30'			
A8.	0,8 A ; 4 V	45'			
A9.	0,8 A ; 3,5 V	60'			

Tabel 4. Data perlakuan benda kerja

No. Benda kerja	Rapat arus	Waktu	Suhu	Keterangan	
B1.	0,6 A ; 18 V	30'	16°C	Dalam Larutan [H ₂ SO ₄] = 200 g/l	
B2.	0,4 A ; 15,3 V	45'			
B3.	0,6 A ; 15,9 V	60'			
B4.	0,3 A ; 3,3 V	30'		Temp. Ruang	+ [H ₂ C ₂ O ₄] 10 g/l
B5.	0,8 A ; 4,7 V	45'			
B6.	0,3 A ; 5,2 V	60'			
B7.	0,4 A ; 4 V	30'			
B8.	0,4 A ; 3,5 V	45'			
B9.	0,4 A ; 3,7 V	60'			

Tabel 5. Data perlakuan benda kerja

No. Benda kerja	Rapat arus	Waktu	Suhu	Keterangan	
C1.	0,8 A ; 21 V	30'	16°C	Dalam larutan : [H ₂ SO ₄]=200 g/l	
C2.	0,8 A ; 15 V	45'			
C3.	0,8 A ; 15 V	60'			
C4.	0,8 A ; 23 V	30'		Temp. Ruang	+[H ₂ C ₂ O ₄]=20 g/l
C5.	-	45'			
C6.	-	60'			
C7.	0,6 A ; 3,5 V	30'			
C8.	0,4 A ; 4,5 V	45'			
C9.	0,3 A ; 3 V	60'			

Tabel 6. Data perlakuan benda kerja

No. Benda kerja	Rapat arus	Waktu	Suhu	Keterangan	
D1.	0,8 A ; 17,6V	30'	16°C	Dalam larutan : [H ₂ SO ₄] = 200 g/l	
D2.	0,8 A ; 18,7V	45'			
D3.	0,8 A ; 19 V	60'			
D4.	0,8 A ; 4 V	30'		Temp. Ruang	+ [H ₂ C ₂ O ₄]=30g/l
D5.	0,8 A ; 10,6V	45'			
D6.	0,8 A ; 9,2 V	60'			
D7.	0,4 A ; 4,5 V	30'			
D8.	0,4 A ; 3,6 V	45'			
D9.	0,4 A ; 4,4 V	60'			

Tabel 7. Data perlakuan benda kerja

No. Benda kerja	Rapat arus	Waktu	Suhu	Keterangan	
E1.	0,3 A ; 20 V	30'	16°C	Dalam larutan: [H ₂ SO ₄]= 200g/l	
E2.	0,4 A ; 20 V	45'			
E3.	0,3 A ; 15 V	60'			
E4.	0,8 A ; 3 V	30'		Temp. Ruang	+ [H ₂ C ₂ O ₄]= 40g/l
E5.	0,4 A ; 8 V	45'			
E6.	0,8 A ; 3 V	60'			
E7.	0,8 A ; 9 V	30'			
E8.	0,8 A ; 8 V	45'			
E9.	0,8 A ; 8,5 V	60'			

V. ANALISA DAN PEMBAHASAN Uji komposisi kimia dengan Optical Emission Spectroscopy

Pengujian komposisi kimia dari benda kerja pulley, Aluminium 6061-T6 dengan alat OES dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 8. Data OES komposisi benda kerja

No	Unsur	Berat (%)
1.	Aluminium (Al)	90,7
2.	Silikon (Si)	5,29
3.	Besi (Fe)	1,39
4.	Tembaga (Cu)	0,819
5.	Nikel (Ni)	0,286
6.	Timbal (Pb)	1,01
7.	Seng (Zn)	0,181
8.	Mangan (Mn)	0,0432
9.	Magnesium (Mg)	0,0484
10.	Titanium (Ti)	0,0205
11.	Timah (Sn)	0,0557
12.	Chromium (Cr)	0,0166
13.	Unsur lainnya (impurities)	Trace

Uji kekerasan mikro

Hasil uji kekerasan mikro pada benda kerja yang mengalami proses anodisasi dapat dilihat pada Tabel 8., dengan data distribusi kekerasan yang bervariasi dimulai dari titik uji no.1(satu) sampai dengan no.5 (lima) dapat dilihat pada Gambar 7.

Tabel 9. Data kekerasan permukaan berdasarkan lokasi penjejukan(HV)

Benda kerja No.	Titik					Waktu Proses	Suhu	Ket.
	1	2	3	4	5			
A1.	160	165	160	151	143	30'	16°C	Dalam larutan :
A2.	128	115	115	128	122	45'		
A3.	143	128	115	128	128	60'		
A 4.	59	59	55	59	55	30'	Temp. Ruang	[H ₂ SO ₄]= 200 g/l
A 5.	51	51	55	51	55	45'		
A 6.	48	48	51	48	51	60'		
A 7.	128	135	143	135	128	30'	35°C	
A 8.	116	116	128	116	105	45'		
A 9.	105	105	105	116	116	60'		

Tabel 10. Data kekerasan permukaan berdasarkan lokasi penjejakan (HV)

Benda kerja No.	Titik					Waktu Proses	Suhu	Ket.
	1	2	3	4	5			
B1	96	96	105	105	105	30'	16°C	Dalam larutan :
B2	96	96	105	96	105	45'		
B3	87	87	96	87	87	60'		
B4	128	143	121	116	121	30'	Temp. Ruang	[H ₂ SO ₄] 200g/l + [H ₂ C ₂ O ₄]
B5	116	105	128	-	-	45'		
B6	128	128	116	128	116	60'		
B7.	143	128	128	116	128	30'	35°C	10g/l
B8.	143	128	116	128	96	45'		
B9.	105	105	105	116	116	60'		

Tabel 11. Data kekerasan permukaan berdasarkan lokasi penjejakan (HV)

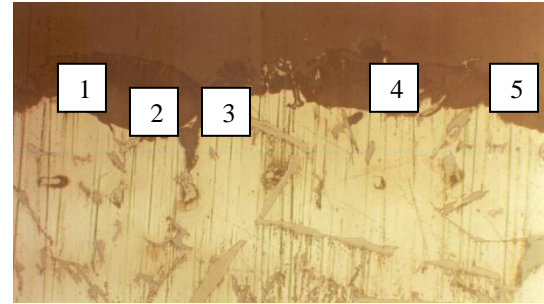
Benda kerja No.	Titik					Waktu Proses	Suhu	Ket.
	1	2	3	4	5			
C 1.	96	116	105	80	87	30'	16°C	Dalam larutan :
C 2.	87	96	80	87	-	45'		
C 3.	80	80	80	87	87	60'		
C 4.	105	105	116	105	116	30'	Temp. Ruang	[H ₂ SO ₄] 200 g/l + [H ₂ C ₂ O ₄] 20 g/l
C 5	116	128	116	105	116	45'		
C 6.	105	105	96	96	87	60'		
C 7.	143	143	160	143	128	30'	35°C	
C 8.	128	143	143	143	143	45'		
C 9.	143	160	170	160	151	60'		

Tabel 12. Data kekerasan permukaan berdasarkan lokasi penjejakan (HV)

Benda kerja No.	Titik					Waktu Proses	Suhu	Ket.
	1	2	3	4	5			
D 1.	116	128	116	128	116	30'	16°C	Dalam larutan :
D 2.	128	116	116	128	116	45'		
D 3.	110	116	128	128	-	60'		
D 4.	96	105	105	116	105	30'	Temp. Ruang	[H ₂ SO ₄] 200 g/l + [H ₂ C ₂ O ₄] 30 g/l
D 5.	116	116	105	96	105	45'		
D 6.	128	128	116	128	116	60'		
D 7.	128	128	116	105	105	30'	35°C	
D 8.	116	116	128	128	116	45'		
D 9.	128	116	128	116	128	60'		

Tabel 13. Data kekerasan permukaan berdasarkan lokasi penjejakan (HV)

Benda kerja No.	Titik					Waktu Proses	Suhu	Keterangan
	1	2	3	4	5			
E 1.	143	128	116	128	128	30'	16°C	Dalam larutan :
E 2.	143	128	116	-	-	45'		
E 3.	105	96	105	80	-	60'		
E 4.	110	116	105	128	116	30'	Temp. Ruang	[H ₂ SO ₄] 200 g/l + [H ₂ C ₂ O ₄]
E 5.	105	105	105	116	116	45'		
E 6.	128	116	105	105	116	60'		
E 7.	128	128	116	128	128	30'	35°C	40 g/l
E 8.	116	116	128	116	-	45'		
E 9.	105	105	116	-	-	60'		

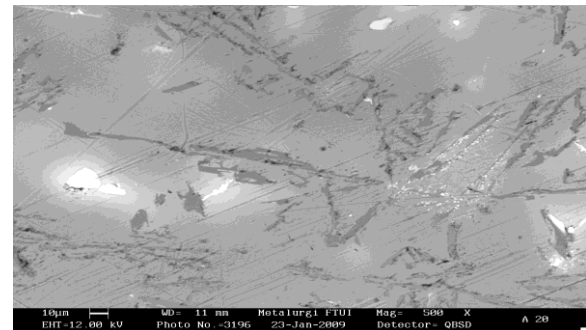


Gambar 7. Urutan posisi penjejakan

Titik uji no.1 adalah posisi penjejakan pada bagian terluar benda kerja,dimana pada daerah ini diasumsikan terdapat lapisan baru (lapisan alumina).Titik uji no.2,no.3, no.4 dan no.5 merupakan titik-titik lokasi penjejakan berikutnya dengan jarak penjejakan yang satu dengan yang lainnya sebesar 1 µm.

Uji Struktur Mikro

Hasil uji struktur mikro dari alat SEM terlihat seperti Gambar 8 .



Gambar 8. Struktur mikro logam dasar (500x)

Tabel 13. Komposisi unsur logam dasar pulley

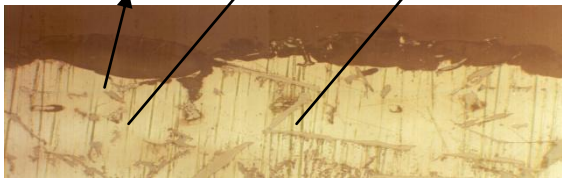
No.	Unsur	% Unsur
1.	Carbon (C)	2,70
2.	Oksigen (O)	0,43
3.	Aluminium (Al)	69,25
4.	Silikon (Si)	5,39
5.	Zinc (Zn)	22,23

Tabel 14. Komposisi unsur/senyawa alumina

No.	Unsur	% senyawa
1.	Aluminium (Al)	Al ₂ O ₃ (Alumina) 71,17
2.	Silicon (Si)	SiO ₂ 4,72
3.	Seng (Zn)	ZnO 20,89

Untuk memperoleh hubungan antara kekerasan mikro terhadap unsur pembentuknya maka dengan bantuan Measuring Microscop MM-40,lokasi titik uji komposisi mikro dan kekerasannya dapat dilihat pada Gambar 9 dan Tabel 15.

Titik uji no.1 Titik uji no.2 Titik uji no.3



Gambar 9. Lokasi penjejakan

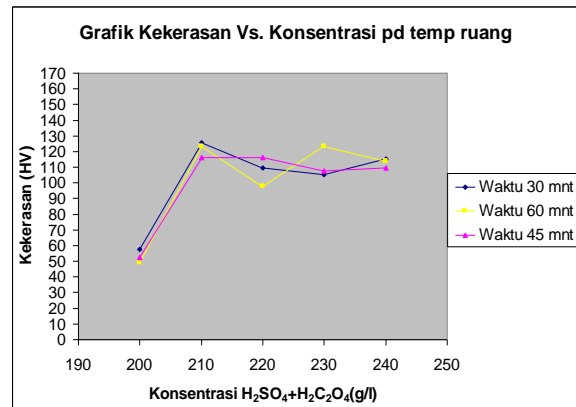
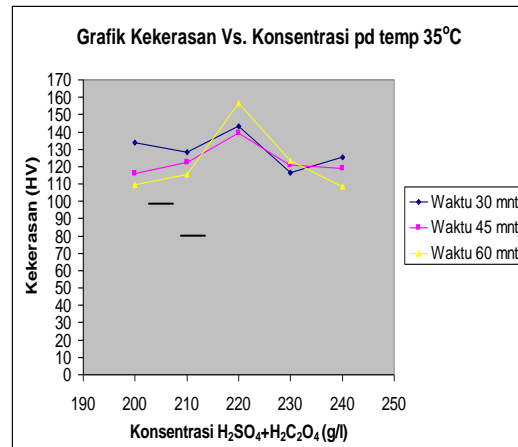
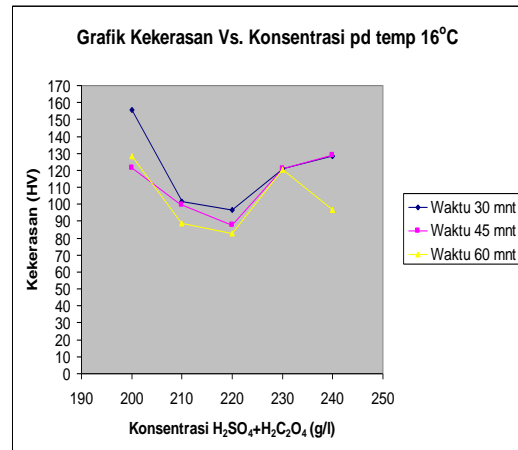
Tabel 15. Komposisi unsur/senyawa pada masing-masing titik penjejakan

Titik Uji SEM No.1 (88 HV)		
Unsur		% Senyawa
Aluminium (Al)	Al ₂ O ₃ (Alumina)	69,67
Silicon (Si)	SiO ₂	6,82
Zinc (Zn)	ZnO	17,73
Besi (Fe)	FeO	1,99
Titik Uji SEM No.2 (100 HV)		
Unsur		% Senyawa
Aluminium (Al)	Al ₂ O ₃ (Alumina)	71,17
Silicon (Si)	SiO ₂	4,72
Zinc (Zn)	ZnO	20,89
Titik Uji SEM No.3 (48 HV)		
Unsur		% Senyawa
Aluminium (Al)		69,25
Silicon (Si)		5,39
Zinc (Zn)		22,23

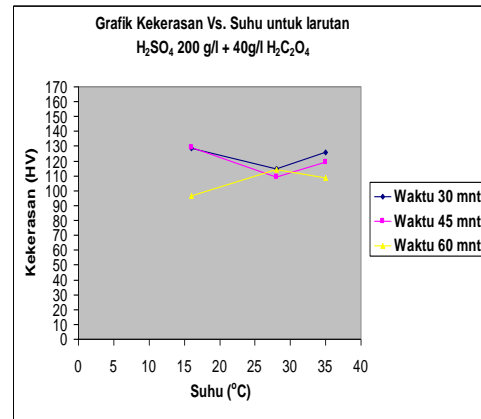
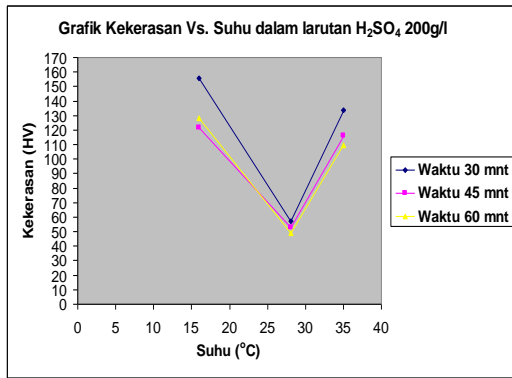
Pada tabel 18 diatas, data kekerasan yang digunakan adalah data dari benda kerja C₂, karena pada benda kerja ini diperoleh tebal lapisan yang cukup tebal untuk mendapatkan data yang diinginkan.

Tabel15.Hubungan persen unsur aluminium terhadap kekerasan

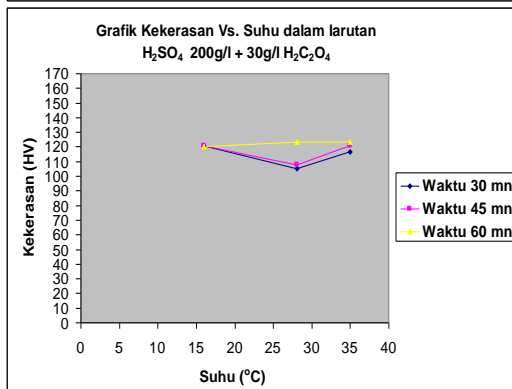
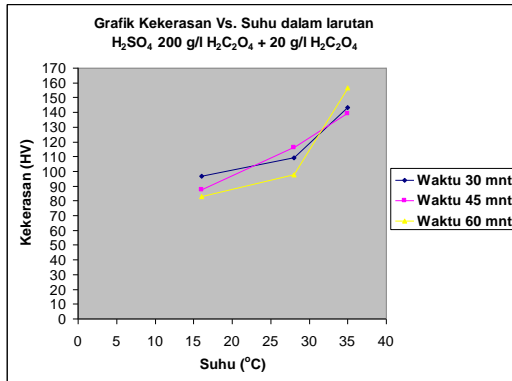
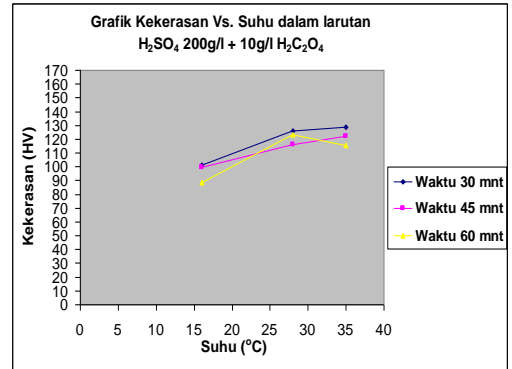
Unsur	Lokasi	Kekerasan (HV)	% Senyawa
Aluminium (Al)	Titik Uji SEM 1	88	71,17
Aluminium (Al)	Titik Uji SEM 2	100	69,67
Aluminium (Al)	Titik Uji SEM 3	48	69,25



Gambar 10. Grafik nilai kekerasan vs.konsentrasi asam sulfat dan campurannya dengan asam oksalat pada temp.16° ; ruang dan 35°C



Gambar 11. Grafik nilai kekerasan vs.suhu dalam asam sulfat dan campurannya dengan asam oksalat



Gambar 11. Grafik nilai kekerasan vs.suhu dalam asam sulfat dan campurannya dengan asam oksalat

VI. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang diperoleh dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Lapisan Alumina (Al₂O₃) dapat dibuat melalui proses anodisasi
2. Kekerasan dari lapisan uji dipengaruhi oleh unsur pembentuk pada daerah uji, dimana kekerasan meningkat sampai 108,3% (100HV) dengan terbentuknya lapisan Alumina pada permukaan bahan induk setebal 60 μm.
3. Dari data diatas maka nilai kekerasan tertinggi yang dihasilkan dari proses anodisasi dalam campuran [H₂SO₄] 200 g/l + [H₂C₂O₄] 20g/l yaitu 156,8 HV pada suhu 35°C, nilai ini hampir sama dengan yang dihasilkan dari proses anodisasi dalam larutan [H₂SO₄] 200 g/l pada suhu 16°C yaitu 155,8 HV, 1 angka lebih rendah. Sehingga dapat disimpulkan alternatif lain untuk memperoleh nilai kekerasan yang tinggi dapat diperoleh dengan cara melakukan anodisasi dalam campuran asam sulfat dan asam oksalat.
4. Lapisan alumina yang terbentuk adalah jenis lapisan "porous layer", karena jika dimasukkan dalam zat warna maka akan menyebabkan lapisan alumina berwarna sehingga benda kerja Aluminium yang merupakan puley menjadi berwarna.

VII. DAFTAR ACUAN

- G.E. Thomson and G.C. Wood, Anodic Film on Aluminium, in "Treatise on Materials Science and Technology", vol. 23, Academic Press, New York, 1983.
- S. Wernick, R. Pinner, and P.G. Sheasby, The Surface Treatment Finishing of Aluminium and Its Alloys (5th edition), ASM International, Metal Park, Ohio, USA, 1987.
- H. Asoh, K. Nishio, M. Nakao, T. Tamamura, and H. Masuda, Condition for Fabrication of Ideally Ordered Anodic Porous Alumina Using Pretextured Al, Journal of The Electrochemical Society, vol. 148, pp. B 152 – B156, 2001
- P.G. Sheasby and R. Pinner, *The Surface Treatment And Finishing of Aluminium And Its Alloys*, vol. 1, sixth edition, 2001.
- P.G. Sheasby and R. Pinner, The Surface Treatment And Finishing of Aluminium And Its Alloys, vol. 2, pp. 822-823, sixth edition, 2001
- Lawrence H. Van Vlack, Material for Engineering, Concepts and Applications, Addison-Wesley Series, 1982.
- W.D. Kingery, H.K. Brown & D.R. Uhlmann, Introduction to Ceramics, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc.
- D.A. Porter & K.C. Easterling, Phase Transformation in Metals and Alloys, Van Nostrand Reinhard, 1981.
- B.D. Cullity, Element of X-Ray Diffraction, Second Edition, Addison Wesley Inc., Philipines copyright, 1978.
- H. Uchi, T. Kanno, *Crystalline Anodic Alumina Films*, and R.S. Alwitt, "Journal of The Electrochemical Society" vol. 148, pp. B17-B23, 2001 .
- J.R. Davis et al, *Aluminium and Aluminium Alloys*, ASM Specialty Handbook, 1993.
- V.F. Henley, *Anodic Oxidation of Aluminium and its Alloys*, Pergamon Press, 1982