

**PENGARUH VARIASI TEGANGAN LISTRIK SERTA
WAKTU PROSES TERHADAP KUALITAS LAPISAN
ALUMINIUM HASIL *ANODIZING***

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK MATERIAL**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

**AMBORO BAYU SUKMAWAN
NIM. 0510622003**

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2009**

PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan limpahan anugerah dan karunia, sehingga penyusun dapat menyelesaikan penelitian dalam bentuk skripsi dengan judul “Pengaruh Variasi Tegangan Listrik Serta Waktu Proses Terhadap Kualitas Lapisan Aluminium Hasil *Anodizing*”.

Penyusunan skripsi ini dilaksanakan untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan dan mendapatkan gelar S-1 Sarjana Teknik Mesin di Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Selain itu penyusunan skripsi ini juga dilaksanakan untuk menerapkan ilmu-ilmu pengetahuan yang telah didapatkan selama perkuliahan.

Dalam menyusun skripsi ini, penyusun mendapat banyak bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Secara khusus rasa terima kasih yang dalam ditujukan kepada:

1. Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
2. Ir. Winarno Yahdi Atmodjo, MT., selaku Ketua Kelompok Dosen Konsentrasi teknik material sekaligus sebagai dosen pembimbing I, yang telah meluangkan banyak waktunya membimbing dengan penuh kesabaran.
3. Ir. Tjuk Oerbandono, M.Sc. CSE., sebagai dosen pembimbing II, yang memberikan banyak saran dan dorongan semangat.
4. Ir. Wahyono Suprpto, MT.Met., yang telah mengizinkan melakukan penelitian di laboratorium beliau.
5. Seluruh staf pengajar Jurusan Teknik Mesin.
6. Seluruh staf administrasi Jurusan Teknik Mesin serta Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
7. Teman-teman di Jurusan Teknik Mesin yang telah banyak membantu.

Semua usaha terbaik telah dilakukan dalam menyelesaikan skripsi ini, namun dengan adanya keterbatasan yang dimiliki, skripsi ini masih memiliki berbagai kekurangan. Oleh karena itu, segala saran yang membangun selalu dinantikan. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi siapa saja yang menggunakannya.

Malang, Juli 2009

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
RINGKASAN.....	ix
Bab I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
Bab II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Aluminium	5
2.2 Aluminium dan Paduannya	5
2.3 Pengaruh Sifat Paduan	7
2.4 Elektrokimia	7
2.4.1 Elektrolit	8
2.4.2 Elektrolisis	10
2.4.3 Reaksi <i>Red-Ox</i> (Redoks)	11
2.5 Keausan	13
2.6 Persamaan Keausan Archard	14
2.7 Pengujian Porositas Menggunakan Metode Piknometri	15
2.8 Dasar Teori dan Pengertian <i>Anodizing</i>	16
2.9 Klasifikasi dan Tipe <i>Anodizing</i>	18
2.10 <i>Aluminium Oxide Film</i> (Film Oksida Aluminium)	20
2.10.1 Tipe dari Lapisan Film Oksida	20
2.10.2 Pembentukan Lapisan Oksida Tipe Pori	22
2.11 Waktu <i>Anodizing</i>	25
2.12 Tegangan (<i>Voltage</i>)	26
2.13 Hipotesis.....	27
Bab III METODE PENELITIAN	28
3.1 Metode Penelitian	28
3.2 Variabel Penelitian	28
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian	28
3.4 Peralatan yang Digunakan	28
3.5 Bahan yang Digunakan	29
3.6 Prosedur Penelitian.....	29
3.7 Rancangan Penelitian	31
3.8 Analisa Varian Satu Arah	33
3.9 Diagram Alir Penelitian	35
Bab IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Analisa Data	36



4.1.1	Data Hasil Pengujian Piknometri	36
4.1.2	Data Hasil Perhitungan Piknometri	38
4.1.3	Data Hasil Pengujian Ketahanan Aus	42
4.1.4	Data Hasil Perhitungan Ketahanan Aus	46
4.2	Analisa Statistik	48
4.2.1	Analisa Varian Satu Arah Tingkat Porositas	48
4.2.2	Analisa Varian Satu Arah Ketahanan Aus	52
4.3	Pembahasan Grafik	55
4.3.1	Pengaruh Variasi Tegangan Listrik Terhadap Tingkat Porositas Aluminium Hasil <i>Anodizing</i>	55
4.3.2	Pengaruh Variasi Waktu Proses Terhadap Tingkat Porositas Aluminium Hasil <i>Anodizing</i>	56
4.3.3	Pengaruh Variasi Tegangan Listrik Terhadap Ketahanan Aus Aluminium Hasil <i>Anodizing</i>	57
4.3.4	Pengaruh Variasi Waktu Proses Terhadap Ketahanan Aus Aluminium Hasil <i>Anodizing</i>	59
Bab V	PENUTUP	61
5.1	Kesimpulan	61
5.2	Saran	61

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	: Produksi aluminium dunia mulai tahun 1994 s/d 2004 dalam ribuan ton.	1
Gambar 1.2	: Faktor pembandingan aluminium dan baja	1
Gambar 2.1	: Proses penguraian HCl pada elektrolit asam	8
Gambar 2.2	: Proses penguraian NaCl pada elektrolit garam cair.....	9
Gambar 2.3	: Proses pelapisan logam merupakan sel elektrolitik.....	10
Gambar 2.4	: Reaksi redoks (reaksi reduksi pada logam Cu, reaksi oksidasi logam Zn).....	11
Gambar 2.5	: Skema ilustrasi metode piknometri.....	16
Gambar 2.6	: Klasifikasi secara umum dalam <i>material treatments</i>	17
Gambar 2.7	: Skema ilustrasi proses <i>anodizing</i>	18
Gambar 2.8	: Dua tipe lapisan oksida yang terbentuk pada proses anodizing aluminium.....	21
Gambar 2.9	: Penampang melintang lapisan oksida tipe <i>barrier</i> dan tipe <i>porous</i>	22
Gambar 2.10	: Ilustrasi dari proses awal terbentuknya film oksida <i>porous</i> pada aluminium.....	23
Gambar 2.11	: Skema proses perubahan lapisan film tipe <i>barrier</i> menjadi tipe <i>porous</i>	23
Gambar 2.12	: <i>Porous</i> yang terbentuk pada <i>aluminium oxide layers</i>	24
Gambar 2.13	: Perubahan distribusi anion selama <i>anodizing</i>	25
Gambar 2.14	: Pengaruh waktu terhadap lapisan oksida.....	25
Gambar 3.1	: Dimensi spesimen.....	30
Gambar 3.2	: Diagram alir penelitian variasi tegangan listrik dan waktu proses 20 menit	35
Gambar 3.3	: Diagram alir penelitian variasi waktu proses dan tegangan listrik 18 volt	36
Gambar 4.1	: Grafik pengaruh variasi tegangan listrik terhadap tingkat porositas aluminium hasil <i>anodizing</i>	55
Gambar 4.2	: Grafik pengaruh variasi waktu proses terhadap tingkat porositas aluminium hasil <i>anodizing</i>	57
Gambar 4.3	: Grafik pengaruh variasi tegangan listrik terhadap ketahanan aus pada aluminium hasil <i>anodizing</i>	58
Gambar 4.4	: Grafik pengaruh variasi waktu proses terhadap ketahanan aus pada aluminium hasil <i>anodizing</i>	59



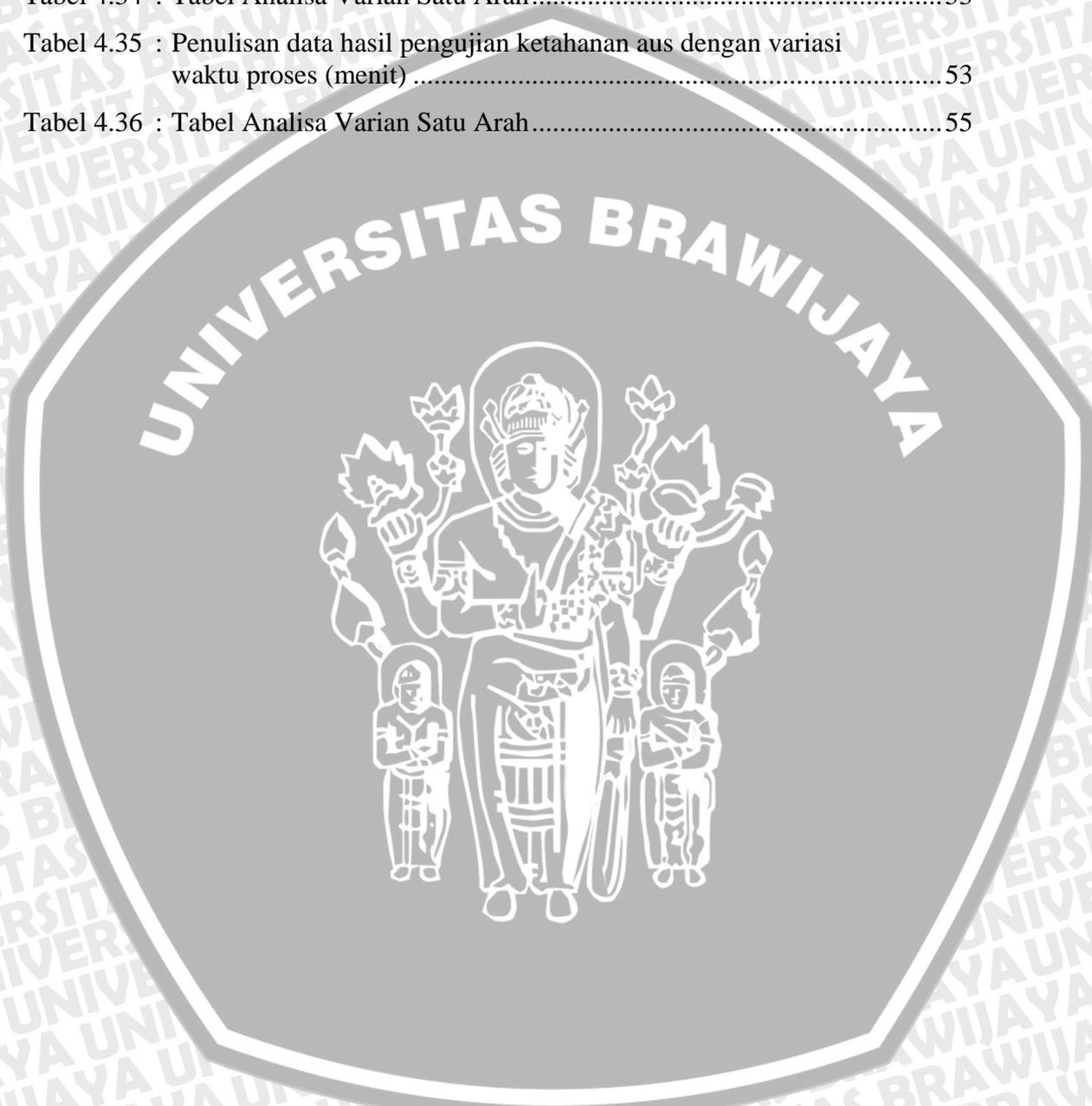
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	: Klasifikasi Paduan Aluminium Tempa.....	6
Tabel 2.2	: Klasifikasi Paduan Aluminium Tuang	6
Tabel 2.3	: Petunjuk umum jenis pelapisan <i>Anodizing</i>	7
Tabel 2.4	: Potensial elektroda standar saat 25°C.....	13
Tabel 2.5	: Ketebalan dari <i>barrier layer</i> dari bermacam tipe <i>anodizing</i>	26
Tabel 2.6	: Menurunnya jumlah <i>pores</i> dari bermacam tipe <i>anodizing</i> seiring meningkatnya voltase pada proses <i>anodizing</i>	27
Tabel 3.1	: Rancangan Penulisan Data Hasil Pengujian Tingkat Porositas Pada Variasi Tegangan Listrik	32
Tabel 3.2	: Rancangan Penulisan Data Hasil Pengujian Tingkat Porositas Pada Variasi Waktu Proses.....	32
Tabel 3.3	: Rancangan Penulisan Data Hasil Pengujian Ketahanan Aus Pada Variasi Tegangan Listrik	32
Tabel 3.4	: Rancangan Penulisan Data Hasil Pengujian Ketahanan Aus Pada Variasi Waktu Proses.....	33
Tabel 3.5	: Tabel Analisa Varian Satu Arah.....	34
Tabel 4.1	: Data pengujian piknometri pada spesimen aluminium hasil <i>anodizing</i> dengan variasi tegangan listrik 6 volt	36
Tabel 4.2	: Data pengujian piknometri pada spesimen aluminium hasil <i>anodizing</i> dengan variasi tegangan listrik 12 volt	36
Tabel 4.3	: Data pengujian piknometri pada spesimen aluminium hasil <i>anodizing</i> dengan variasi tegangan listrik 15 volt	36
Tabel 4.4	: Data pengujian piknometri pada spesimen aluminium hasil <i>anodizing</i> dengan variasi tegangan listrik 18 volt	37
Tabel 4.5	: Data pengujian piknometri pada spesimen aluminium hasil <i>anodizing</i> dengan variasi tegangan listrik 18 volt	37
Tabel 4.6	: Data pengujian piknometri pada spesimen aluminium hasil <i>anodizing</i> dengan variasi waktu proses 15 menit	37
Tabel 4.7	: Data pengujian piknometri pada spesimen aluminium hasil <i>anodizing</i> dengan variasi waktu proses 20 menit	37
Tabel 4.8	: Data pengujian piknometri pada spesimen aluminium hasil <i>anodizing</i> dengan variasi waktu proses 25 menit	38
Tabel 4.9	: Data pengujian piknometri pada spesimen aluminium hasil <i>anodizing</i> dengan variasi waktu proses 30 menit	38
Tabel 4.10	: Data pengujian piknometri pada spesimen aluminium hasil <i>anodizing</i> dengan variasi waktu proses 35 menit.....	38

Tabel 4.11 : Data hasil perhitungan <i>Apparent Density</i> pada aluminium hasil <i>anodizing</i> dengan variasi tegangan listrik (volt).....	40
Tabel 4.12 : Data hasil perhitungan <i>Apparent Density</i> pada aluminium hasil <i>anodizing</i> dengan variasi waktu proses (menit)	40
Tabel 4.13 : Data hasil perhitungan tingkat porositas pada variasi tegangan listrik	42
Tabel 4.14 : Data hasil perhitungan tingkat porositas pada variasi waktu proses	42
Tabel 4.15 : Data pengujian ketahanan aus pada spesimen aluminium hasil <i>anodizing</i> dengan variasi tegangan listrik 6 volt.....	43
Tabel 4.16 : Data pengujian ketahanan aus pada spesimen aluminium hasil <i>anodizing</i> dengan variasi tegangan listrik 12 volt	43
Tabel 4.17 : Data pengujian ketahanan aus pada spesimen aluminium hasil <i>anodizing</i> dengan variasi tegangan listrik 15 volt.....	44
Tabel 4.18 : Data pengujian ketahanan aus pada spesimen aluminium hasil <i>anodizing</i> dengan variasi tegangan listrik 18 volt	44
Tabel 4.19 : Data pengujian ketahanan aus pada spesimen aluminium hasil <i>anodizing</i> dengan variasi tegangan listrik 25 volt	44
Tabel 4.20 : Data pengujian ketahanan aus pada spesimen aluminium hasil <i>anodizing</i> dengan variasi waktu proses 15 menit.....	44
Tabel 4.21 : Data pengujian ketahanan aus pada spesimen aluminium hasil <i>anodizing</i> dengan variasi waktu proses 20 menit.....	45
Tabel 4.22 : Data pengujian ketahanan aus pada spesimen aluminium hasil <i>anodizing</i> dengan variasi waktu proses 25 menit.....	45
Tabel 4.23 : Data pengujian ketahanan aus pada spesimen aluminium hasil <i>anodizing</i> dengan variasi waktu proses 30 menit.....	45
Tabel 4.24 : Data pengujian ketahanan aus pada spesimen aluminium hasil <i>anodizing</i> dengan variasi waktu proses 35 menit.....	45
Tabel 4.25 : Data hasil perhitungan koefisien keausan pada aluminium hasil <i>anodizing</i> dengan variasi tegangan listrik (volt).....	47
Tabel 4.26 : Data hasil perhitungan koefisien keausan pada aluminium hasil <i>anodizing</i> dengan variasi waktu proses (menit)	47
Tabel 4.27 : Data hasil perhitungan koefisien keausan pada aluminium hasil <i>anodizing</i> dengan variasi tegangan listrik (volt).....	47
Tabel 4.28 : Data hasil perhitungan koefisien keausan pada aluminium hasil <i>anodizing</i> dengan variasi waktu proses (menit)	48
Tabel 4.29 : Penulisan data tingkat porositas hasil pengujian piknometri dengan variasi tegangan listrik (volt).....	48
Tabel 4.30 : Tabel Analisa Varian Satu Arah.....	49



Tabel 4.31 : Penulisan data tingkat porositas hasil pengujian piknometri dengan variasi waktu proses (menit).....	50
Tabel 4.32 : Tabel Analisa Varian Satu Arah.....	51
Tabel 4.33 : Penulisan data hasil pengujian ketahanan aus dengan variasi tegangan listrik (volt).....	52
Tabel 4.34 : Tabel Analisa Varian Satu Arah.....	53
Tabel 4.35 : Penulisan data hasil pengujian ketahanan aus dengan variasi waktu proses (menit)	53
Tabel 4.36 : Tabel Analisa Varian Satu Arah.....	55



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Data Pengujian Piknometri Dengan Variasi Tegangan Listrik 63

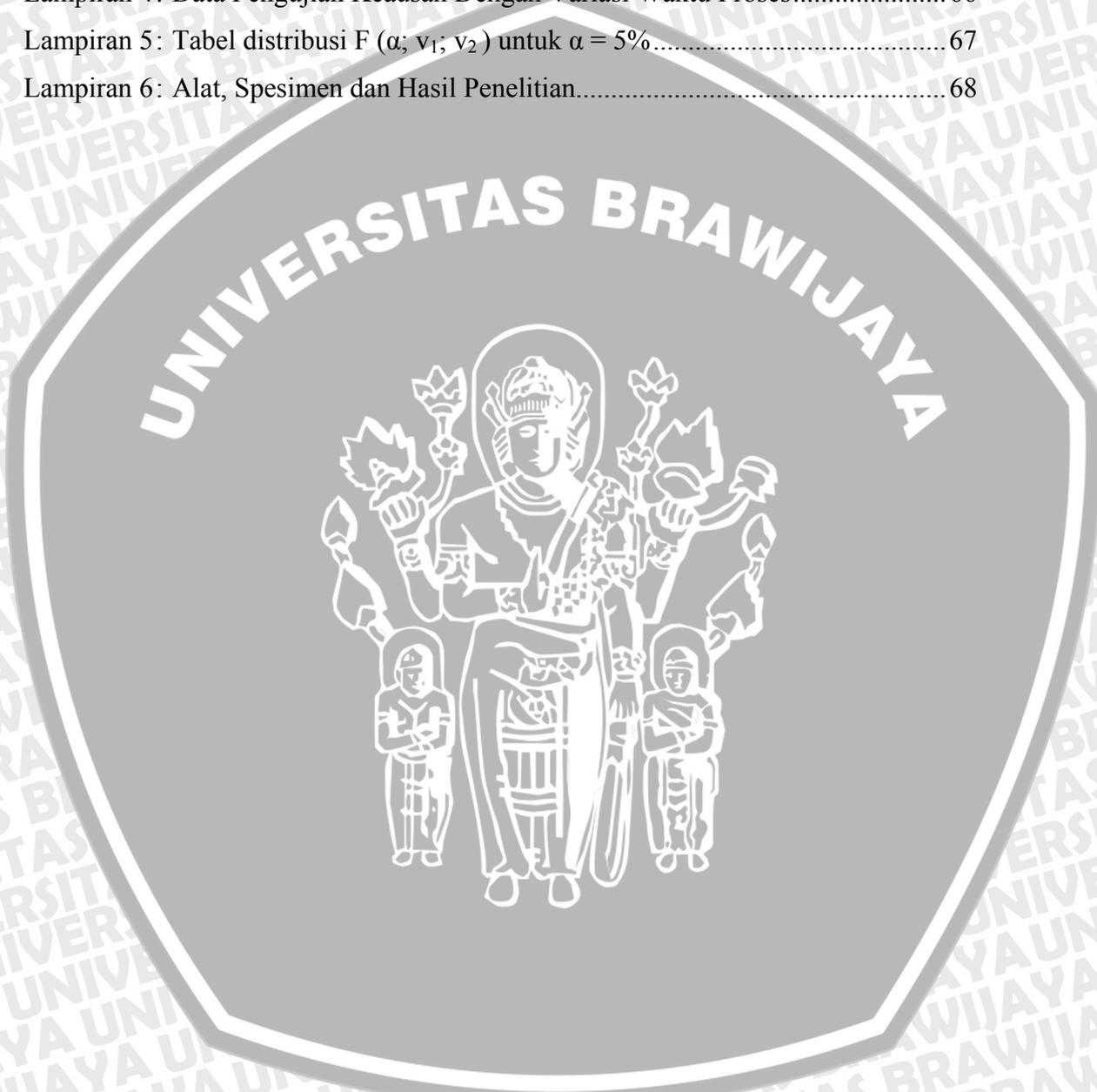
Lampiran 2 : Data Pengujian Piknometri Dengan Variasi Waktu Proses..... 64

Lampiran 3 : Data Pengujian Keausan Dengan Variasi Tegangan Listrik 65

Lampiran 4: Data Pengujian Keausan Dengan Variasi Waktu Proses..... 66

Lampiran 5: Tabel distribusi F ($\alpha; v_1; v_2$) untuk $\alpha = 5\%$ 67

Lampiran 6: Alat, Spesimen dan Hasil Penelitian..... 68



RINGKASAN

Amboro Bayu Sukmawan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2009, *Pengaruh Tegangan Listrik Serta Waktu Proses Terhadap Kualitas Lapisan Aluminium Hasil Anodizing*, Dosen Pembimbing : Ir. Winarno Yahdi Atmodjo, MT. dan Ir. Tjuk Oerbandono, M.Sc.CSE.

Anodizing adalah sebuah proses elektrokimia yang mengubah permukaan logam aluminium menjadi sebuah lapisan oksida. Lapisan ini akan meningkatkan ketahanan terhadap aus (*wear resistance*). Lapisan oksida ini juga membentuk *porous*, yang memungkinkan dilakukannya proses pewarnaan untuk fungsi dekoratif dan meningkatkan penampilan dari suatu produk. Berbeda dengan proses pelapisan permukaan yang lain, anodizing membentuk lapisan pelindung dari logam dasarnya melalui sebuah proses elektrokimia, sehingga lapisan ini menjadi satu kesatuan dengan logam dan tidak dapat terkelupas. Selain itu, proses *anodizing* lebih ramah terhadap lingkungan, tidak berbahaya bagi kesehatan, dan lebih ekonomis baik ditinjau dari segi proses maupun perawatannya.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian eksperimental nyata (*true experimental research*). Dalam hal ini penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi tegangan listrik dan waktu proses terhadap ketahanan aus, dan tingkat porositas pada aluminium hasil anodizing. Data dan informasi pendukung diperoleh dari kajian buku, artikel dan jurnal yang diperoleh dari perpustakaan dan internet untuk menambah informasi yang diperlukan. Pada penelitian ini digunakan material sebagai anoda yaitu aluminium paduan (97,6 % Al). Larutan elektrolit yang digunakan adalah H_2SO_4 (asam sulfat) dengan konsentrasi 15 % . Jarak antara elektroda adalah 75 mm dan temperatur ruangan saat proses berlangsung adalah 27 °C. Dengan menggunakan berbagai variasi waktu (15 menit, 20 menit, 25 menit, 30 menit, dan 35 menit) dan variasi tegangan listrik (6 volt, 12 volt, 15 volt, 18 volt, 25 volt), akan dilihat pengaruhnya terhadap tingkat porositas dan ketahanan aus dari aluminium hasil *anodizing*.

Hasil penelitian menunjukkan bila waktu proses *anodizing* diperlama, maka tingkat porositas akan semakin tinggi. Hal ini berarti bahwa tebal dari dinding pori akan menjadi tipis, sehingga sifat ketahanan aus menjadi menurun. Dengan menggunakan variasi tegangan listrik yang semakin meningkat pada proses *anodizing* jumlah *porous* menjadi semakin sedikit, sehingga tingkat porositas akan semakin menurun. ketebalan dinding *pores* akan semakin meningkat. Selain itu terbentuk pula lapisan oksida yang relatif tebal. Lapisan oksida yang tebal ini dapat meningkatkan ketahanan aus dan abrasi pada tingkat menengah.

Kata kunci : *porous*, *anodizing*, waktu proses, tegangan listrik, ketahanan aus

SUMMARY

Amboro Bayu Sukmawan, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, July 2009, *Effect of Voltage and Process Time Toward Aluminium Layer Quality of Anodizing Outcome*, Academic Supervisor : Ir. Winarno Yahdi Atmodjo, MT. dan Ir. Tjuk Oerbandono, M.Sc.CSE.

Anodizing is an electrochemical process which can change aluminium surface into an oxide layer. This layer will increasing wear resistance, also forming porous which is colouring process for decorative function is possible to conduct and increasing apperance from a product. Different with the others surface treatment process, anodizing forming a barrier layer from basic metal through the electrochemical process, so this layer become one with the metal and can not be peeled off. Anodizing process also harmless to the environment, not hazardous to healthy, and more economics, from the process and maintenance considerations.

Research method in this study is true experimental research. The aim in this study to understand the effect of voltage and time process variations toward wear resistance and porosity of an aluminium surface from anodizing outcome. Data and additional informations obtained from literatures, articles, and journals from the library and internet. The anode in this study is aluminium alloy (97,6 % Al). The electrolyte is H_2SO_4 (sulfuric acid) with 15 % concentration. Space between electrode is 75 mm and the room temperature at the process is 27 °C. By using the variations of time process (15 minutes, 20 minutes, 25 minutes, 30 minutes, and 35 minutes) and the variations of voltage (6 volt, 12 volt, 15 volt, 18 volt, 25 volt), this study will know the effect toward porosity and wear resistance from anodizing outcome aluminium.

Results show, the longer anodizing process, porosity is raising. Which means the thickness of porous wall is thin, as a result wear resistance is decreasing. The higher voltage using in anodizing process, porosity is decreasing, and the thickness of porous wall is thick. Beside that, relative thick oxide layer is also formed. As a result middle level wear resistance is increasing.

Key words : porous, anodizing, time process, voltages, wear resistance