

**STUDI DAN KARAKTERISASI LAJU KOROSI LOGAM ALUMINIUM
DENGAN PELAPISAN MEMBRAN SOL-GEL**



UNIVERSITAS
MERCU BUANA



ROHADI SATRIO BUDI UTOMO

NIM: 41312120016

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2017**

LAPORAN TUGAS AKHIR

**STUDI DAN KARAKTERISASI LAJU KOROSI LOGAM ALUMINIUM
DENGAN PELAPISAN MEMBRAN SOL-GEL**



UNIVERSITAS
MERCU BUANA



UNIVERSITAS Disusun Oleh:

MERCU BUANA
Nama : Rohadi Satrio Budi Utomo
NIM : 41312120016

Program Studi : Teknik Mesin

**DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)**

JULI 2017

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : **Rohadi Satrio Budi Utomo**
NIM : 41312120016
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Skripsi : STUDI DAN KARAKTERISASI LAJU KOROSI LOGAM
ALUMINIUM DENGAN PELAPISAN MEMBRAN SOL-GEL

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak ada paksaan.

Jakarta, 24 Juli 2017



(Rohadi Satrio Budi Utomo)

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI DAN KARAKTERISASI LAJU KOROSI LOGAM ALUMINIUM DENGAN PELAPISAN MEMBRAN SOL-GEL



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Disusun Oleh:

Nama : Rohadi Satrio Budi Utomo
NIM : 41312120016
Program Studi : Teknik Mesin

Mengetahui,

Dosen Pembimbing

(Sagir Alva, S.Si, M.Sc, Ph.D)

Koordinator Tugas Akhir

(Ir. Haris Wahyudi, M.Sc.)

PENGHARGAAN

Segala puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas segala limpahan rahmat, taufik serta hidayah-Nya kami dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan kesungguhan dan keseriusan. Tugas ini dilaksanakan untuk memenuhi salah satu syarat dalam mendapatkan gelar kesarjanaan Strata Satu (S-1) pada jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta. Dengan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini diharapkan dapat menambah wawasan, pengetahuan dan pengalaman baik bagi Mahasiswa sendiri maupun bagi pembaca.

Semua hasil pemikiran yang tertuang dalam Laporan Tugas Akhir ini tidak akan sampai terwujud tanpa peran dan dukungan semua guru inspiratif kami, oleh sebab itu sudah sewajarnya kami sampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Bpk.Wahyu Widiatno dan istrinya Ibu Anita Rokimah sebagai orang tua terbaik yang pernah kumiliki atas semua yang telah diberikan.
2. Dr. Ir. Arisetyanto Nugroho, MM. selaku Rektor Universitas Mercubuana Jakarta.
3. Sagir Alva, S.Si., M.Sc., Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana Jakarta sekaligus sebagai dosen pembimbing dalam pembuatan Laporan Tugas Akhir yang selalu mengarahkan, membimbing dan memberikan dukungan didalam perkuliahan.
4. Dosen Teknik Mesin Universitas Mercu Buana Jakarta atas bimbingannya didalam perkuliahan.
5. Teman Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Mercu Buana Jakarta, atas dukungan dan kerjasamanya serta kekompakan yang terjalin sehingga kami dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Tugas Akhir.
6. Semua pihak yang telah memberikan bantuan baik secara materil maupun moril, baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatun namun tidak mengurangi rasa hormat kami dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

Kami sangat menyadari, bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat kami harapkan. Sebagai kata terakhir, semoga Laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca umumnya dan khususnya bagi Mahasiswa yang akan melaksanakan kegiatan Tugas Akhir. Semoga Allah selalu memberikan kemudahan bagi kita semua. ‘aamiin

Jakarta, 24 Juli 2017



(Rohadi Satrio Budi Utomo)

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

ABSTRAK

Dari beberapa logam seperti baja, tembaga, seng, aluminium dan paduannya, maka aluminium memiliki keunggulan, terutama dalam hal ketahanan terhadap korosi. Ketahanan korosi yang sangat baik oleh aluminium disebabkan oleh adanya lapisan oksida tipis yang menempel sangat kuat di permukaannya (Al_2O_3). Lapisan Al_2O_3 stabil pada lingkungan pH 4 s/d pH 9 (pasifasi) sehingga lapisan tersebut dapat melindungi logam bagian dalam dari serangan korosi lanjutan, namun aluminium dapat juga terkorosi dalam lingkungan yang agresif yaitu di luar kisaran pH tersebut terutama suasana asam maupun basa. Hal ini dapat diatasi dengan memberikan *coating* berupa cat logam terhadap aluminium. Akan tetapi pemberian cat logam tidak dapat dilakukan pada situasi tertentu yang mengharuskan adanya reaksi antara logam dengan lingkungan asam ataupun basa dengan tetap mempertimbangkan ketahanan korosi material tersebut, seperti yang terjadi pada baterai. Ini dikarenakan sifat cat yang membendung reaksi antara logam dengan lingkungannya. Oleh karena itu diperlukan penambahan inhibitor korosi dengan mempertimbangkan faktor di atas, yaitu dengan pelapisan membran Sol-Gel. Dari hasil pengujian Sol-Gel yang dilapisi pada aluminium mampu menahan laju korosi pada larutan HCl sebesar 24,26% dan larutan Asam Asetat sebesar 25,57% dibandingkan aluminium tanpa pelapisan. Kemudian membran Sol-Gel juga membuat lapisan pelindung laju korosi yang memiliki pori-pori dengan lebar celah $\pm 0,56 - 1,12 \mu\text{m}$ pada pengujian dengan larutan HCl dan $\pm 0,47 - 1,41 \mu\text{m}$ pada pengujian dengan larutan Asam Asetat sebagai jalan terjadinya reaksi antara logam dan cairan asam atau basa.

Kata Kunci: korosi, aluminium, sol-gel

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISI

		Halaman
LEMBAR PERNYATAAN		i
LEMBAR PENGESAHAN		ii
PENGHARGAAN		iii
ABSTRAK		v
DAFTAR ISI		vi
DAFTAR GAMBAR		ix
DAFTAR TABEL		xii
BAB I	PENDAHULUAN	
1.1	Latar Belakang	1
1.2	Rumusan Masalah	3
1.3	Tujuan Penelitian	3
1.4	Batasan dan Ruang Lingkup Penelitian	4
1.5	Metodologi Penelitian	4
1.6	Sistematika Penulisan	5
BAB II	TINJAUAN PUSTAKA	
2.1	Pendahuluan	6
2.2	Aluminium	6
	2.2.1 Karakterisasi Aluminium	8
	2.2.2 Sifat Fisik Aluminium	9
	2.2.3 Sifat Mekanik Aluminium	9
	2.2.4 Reaksi Aluminium dengan Lingkungan dan Unsur Lainnya	10
	2.2.5 Keunggulan dan Aplikasi Aluminium	12
2.3	Korosi	14
	2.3.1 Klasifikasi Korosi	15
	2.3.2 Mekanisme Korosi Logam	17
	2.3.3 Jenis-jenis Korosi menurut Bentuknya	19

	Halaman
2.3.4 Karakteristik Korosi Logam Aluminium	25
2.3.5 Potensial Korosi pada Aluminium dan Paduannya	26
2.3.6 Laju Korosi	27
2.4 Sol-Gel	30
2.4.1 Proses Sol-Gel	31
2.4.2 Reaksi Sol-Gel	32
2.4.3 Pematangan (<i>Ageing</i>)	34
2.4.4 Pengeringan	34
2.4.5 Keuntungan dan Kerugian Metode Sol-Gel	34
2.4.6 Aplikasi Sol-Gel	34
2.5 Baterai	35
2.5.1 Baterai Logam Udara	36
2.5.2 Anoda	37
2.5.3 Katoda	37
2.5.4 Elektrolit	38
2.5.5 Matrik Pemisa	39
2.5.6 Separator	40
	
BAB III METODOLOGI PELAKSANAAN	
3.1 Pendahuluan	41
3.2 Metode Pengumpulan Data	41
3.3 Tinjauan Pustaka	42
3.4 Pembuatan Material Uji	42
3.4.1 Alat dan Bahan	43
3.4.2 Tahapan Pembuatan Material Uji (Plat Aluminium)	43
3.5 Pembuatan Sol-Gel	46
3.5.1 Alat dan Bahan	46
3.5.2 Tahapan Pembuatan Sol-Gel	47
3.6 Pelapisan Material Uji dengan Sol-Gel	49
3.6.1 Alat dan Bahan	49
3.6.2 Tahapan Pelapisan Material Uji dengan Sol-Gel	49
3.7 Pengujian Laju Korosi	50

	Halaman
3.7.1 Alat dan Bahan	50
3.7.2 Tahapan Pengujian Laju Korosi Material Uji dengan Perendaman pada Larutan Asam Asetat, HCl dan KOH	51
3.8 Pengujian Karakterisasi Permukaan	53
3.8.1 Alat dan Bahan	54
3.8.2 Tahapn Pengujian Karakterisasi Material Uji dengan SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>)	54
3.9 Analisis Data	55
3.9.1 Analisis Laju Korosi	56
3.9.2 Analisis Karakterisasi Permukaan	58
BAB IV HASIL YANG DICAPAI DAN MANFAAT BAGI MITRA	
4.1 Pendahuluan	59
4.2 Komposisi Aluminium pada Kaleng <i>Pocari Sweat</i>	59
4.3 Analisis Komposisi dan Perlakuan Sol-Gel	60
4.3.1 Optimasi Komposisi	61
4.3.2 Optimasi Pengeringan	64
4.4 Analisis Laju Korosi dan Karakterisasi Permukaan	65
4.4.1 Analisis pada perendaman larutan HCl	66
4.4.2 Analisis pada perendaman larutan Asam Asetat	70
4.4.3 Analisis pada perendaman larutan KOH	75
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	81
5.2 Saran	83
DAFTAR PUSTAKA	84
LAMPIRAN	
A Tabel Laju Korosi	92
B Laporan Pengujian SEM	97

DAFTAR GAMBAR

No.	Gambar	Halaman
1.1	Ilustrasi Sol-Gel	3
2.1	Aluminium batangan	7
2.2	Struktur kimia Al_2O_3	8
2.3	Material yang digunakan untuk konstruksi pesawat terbang	13
2.4	Korosi Merata	19
2.5	Korosi Galvanik	20
2.6	Korosi celah	20
2.7	Korosi Sumur	21
2.8	Korosi antar Batas Butir	22
2.9	<i>Uniform dezincification</i>	23
2.10	<i>Plug-type dezincification</i>	23
2.11	Korosi erosi pada pipa air laut	23
2.12	Sketsa korosi erosi	24
2.13	Diagram Pourbaix Al	26
2.14	Diagram skematik fungsi dasar dan cara kerja SEM	29
2.15	Proses Sol-Gel	32
2.16	Hidrolisis metal alkoksida Sol-Gel	32
2.17	Diagram proses Sol-Gel	33
2.18	Skema Baterai Logam Udara	36
2.19	Matriks Pemisah	39
3.1	Diagram Alir Penelitian	42
3.2	Alat dan Bahan Pembuatan Material Uji	43
3.3	Pemotongan Kaleng Aluminium	44
3.4	Pengamplasan Kaleng Aluminium	44
3.5	Pemotongan material uji	44
3.6	Pembersihan material uji dengan alkohol 70%	45
3.7	(a) Pengukuran berat material uji	
	(b) pengukuran tebal material uji	45
3.8	Plat Aluminium dalam plastik klip	46
3.9	Persiapan Alat dan Bahan	47

No.	Gambar	Halaman
3.10	Larutan HCl 0,1 M	47
3.11	(a) Pencampuran Etanol dan Akuades	
	(b) Pencampuran TEOS, HCl dan (Etanol & Akuades)	48
3.12	Pengadukan Sol-Gel menggunakan <i>magnetic stirrer</i>	48
3.13	Persiapan Alat dan Bahan Pelapisan Material Uji	49
3.14	Proses pencelupan material uji pada Sol-Gel	50
3.15	Persiapan alat dan bahan pengujian material uji pada Sol-Gel	51
3.16	(a) Pembuatan larutan Asam Asetat	
	(b) Pembuatan larutan HCL	
	(c) Pembuatan larutan KOH	52
3.17	Perendaman material uji pada larutan Asam Asetat, HCl dan KOH	52
3.18	(a) Pembersihan material uji dengan akuades	
	(b) Pengeringan material uji	53
3.19	Pengukuran berat material yang telah direndam oleh larutan	53
3.20	Perlengkapan <i>SEM (Scanning Electron Microscopy)</i>	54
3.21	Proses peletakkan material uji pada <i>SEM specimen holder</i>	55
3.22	Proses <i>scanning</i> material uji	55
4.1	Ilustrasi ikatan Sol-Gel komposisi akuades	61
4.2	Material Uji Sol-Gel percobaan pertama	62
4.3	Ikatan Reaksi Sol-Gel	62
4.4	Ilustrasi ikatan Sol-Gel komposisi akuades + etanol	63
4.5	Material Uji Sol-Gel percobaan kedua	63
4.6	Ikatan kovalen dan ikatan hidrogen	64
4.7	Reaksi pada Sol-Gel	65
4.8	Material Uji Sol-Gel percobaan ketiga	65
4.9	Grafik hasil pengujian material terhadap larutan HCl	67
4.10	Material uji setelah direndam larutan HCl	68
4.11	Hasil SEM pada material uji perendaman HCl 3 M posisi tengah	69
4.12	Hasil SEM pada material uji perendaman HCl 3 M posisi acak	69
4.13	Hasil SEM pada material uji perendaman HCl 3 M posisi sudut	69
4.14	Grafik hasil pengujian material uji terhadap larutan Asam Asetat	71

No.	Gambar	Halaman
4.15	Material uji setelah direndam larutan Asam Asetat konsentrasi 0,1M, 0,5M, 1M dan 2M	72
4.16	Material uji setelah direndam larutan Asam Asetat konsentrasi 3M, 4M, 5M dan 6M	73
4.17	Hasil SEM pada material uji perendaman Asam Asetat 4 M posisi tengah	74
4.18	Hasil SEM pada material uji perendaman Asam Asetat 4 M posisi acak	74
4.19	Hasil SEM pada material uji perendaman Asam Asetat 4 M posisi sudut	75
4.20	Grafik hasil pengujian material terhadap larutan KOH	75
4.21	Material uji setelah direndam larutan KOH konsentrasi 0,1M, 0,5M, 1M dan 2M	77
4.22	Material uji setelah direndam larutan KOH konsentrasi 3M, 4M, 5M dan 6M	77
4.23	Hasil SEM pada material uji perendaman KOH 4 M posisi tengah	78
4.24	Hasil SEM pada material uji perendaman KOH 4 M posisi acak	79
4.25	Hasil SEM pada material uji perendaman KOH 4 M posisi sudut	79
4.26	Ilustrasi perubahan molekul OEt menjadi OH	80

DAFTAR TABEL

No.	Tabel	Halaman
2.1	Kadar Logam yang terkandung dalam kaleng <i>Pocari Sweat</i>	7
2.2	Sifat fisik aluminium	9
2.3	Sifat Mekanik aluminium	10
2.4	Volume Rasio Oksida Metal	16
2.5	Densitas Spesimen Logam	28
3.1	Densitas Spesimen Logam	57
4.1	Kadar Logam yang terkandung dalam kaleng <i>Pocari Sweat</i>	60
4.2	Parameter Proses Sol-Gel	60
4.3	Kondisi analisis SEM	66
4.4	Laju korosi material uji terhadap larutan HCl	66
4.5	Laju korosi material uji terhadap larutan Asam Asetat	70
4.6	Laju korosi material uji terhadap larutan KOH	76

