

**FABRIKASI DAN PENGANODAN KOMPOSIT
METALURGI SERBUK ALUMINIUM-
MAGNESIUM DIPERKUAT GENTIAN PENDEK
ALUMINA SAFFIL™**

KAMROSNI ABDUL RAZAK

**UNIVERSITI MALAYSIA PERLIS
2013**

© This item is protected by original copyright



**Fabrikasi dan Penganodan Komposit Metalurgi
Serbuk Aluminium-Magnesium Diperkuat Gentian
Pendek Alumina Saffil™**

Oleh

**Kamrosni Abdul Razak
(0630410122)**

A thesis submitted in fulfillment of the requirements for the degree of
Master of Science (Materials Engineering)

**School of Materials Engineering
UNIVERSITI MALAYSIA PERLIS**

2013

PENGHARGAAN

Segala pujian dan syukur ke hadrat Allah S.W.T di atas segala limpah dan kurniaNya. Segala pujian buat junjungan Nabi Muhammad S.A.W dan kesejahteraan para anbiya'a dan para sahabat radiallahuanhum.

Pertama sekali, ucapan terima kasih kepada Dr. Mohd Nazree b. Derman selaku penyelia kajian ini yang sentiasa memberi dorongan, bantuan dan bimbingan sepanjang perjalanan penyelidikan ini.

Ucapan terima kasih dan penghargaan ditujukan kepada staf akademik dan juruteknik di Pusat pengajian Kejuruteraan Bahan, UniMap terutamanya buat Dekan, Dr. Khairul Rafezi Ahmad kerana menawarkan tempat pengajian Sarjana dan memberikan bantuan dalam menyiapkan penyelidikan ini. Penghargaan juga kepada Universiti Malaysia Perlis yang telah meluluskan cuti sekaligus memberikan biasiswa di dalam tempoh penyelidikan ini.

Saya juga ingin mengucapkan terima kasih buat suami, Tuan Mazly Md Zain dan anak-anak, Tuan Mikail dan Tuan Marissa kerana memahami dan memberikan inspirasi untuk menyiapkan tesis ini. Tidak lupa buat ayah dan bonda tercinta, Abdul Razak Abas dan Asiah Ibrahim yang banyak memberikan sokongan.

Terima Kasih, Wassalam

KAMROSNI ABDUL RAZAK.

ISI KANDUNGAN

	MUKASURAT
PERAKUAN TESIS	i
PENGHARGAAN	ii
ISI KANDUNGAN	iii
SENARAI RAJAH	vi
SENARAI JADUAL	x
SENARAI SINGKATAN	xi
SENARAI SIMBOL	xii
ABSTRACT	xiii
ABSTRAK	xiv
BAB 1 PENGENALAN	
1.1 Pengenalan	1
1.2 Pernyataan Masalah	4
1.3 Objektif Kajian	
1.4 Pendekatan Penyelidikan	6
BAB 2 KAJIAN PERSURATAN	
2.1 Pengenalan Kepada Bahan Komposit	9
2.1.2 Matriks	10
2.1.3 Penguat	10
2.2 Komposit Matriks Logam (KML)	12
2.3 Komposit Matriks Aluminium (KMA) Berpenguat Gentian Alumina	13
2.3.1 Aluminium	16
2.3.2 Magnesium	18
2.3.2.1 Proses Pembasahan	21
2.3.3 Gentian alumina Saffil™	22
2.4 Metalurgi Serbuk	23
2.4.1 Percampuran	25
2.4.2 Pematatan	25
2.4.3 Pensinteran	26
2.5 Pengenalan Kepada Penganodan	29

2.5.1	Penganodan Aluminium	30
2.6	Tindakbalas Penganodan dan Pembentukan Aluminium Oksida Teranod	34
2.6.1	Proses penganodan asid sulfurik (H ₂ SO ₄)	36
2.7	Kakisan	37
2.7.1	Prinsip Kakisan	37
2.7.2	Jenis-jenis kakisan	41
2.7.3	Kakisan Al dan aloi Al	41
2.7.4	Kakisan Aluminuin Matriks Komposit	42
2.7.5	Kakisan Terhadap KMA Tersalut	46

BAB 3 KAEDAH KAJIAN

3.1	Pengenalan	49
3.2	Bahan Mentah	50
3.2.1	Serbuk Aluminium	50
3.2.2	Serbuk Magnesium	51
3.2.3	Gentian pendek alumina Saffil TM	51
3.3	Rekabentuk Eksperimen untuk Fabrikasi Aloi PM Al-Mg dan Komposit PM Al-Mg Diperkuat Gentian Pendek Alumina Saffil TM	52
3.3.1	Pencampuran	53
3.3.2	Pemadatan Serbuk	54
3.3.3	Pensinteran	55
3.4	Analisis Sampel	56
3.4.1	Ujian Ketumpatan dan Keliangan Ketara	57
3.4.2	Kajian Mikrostruktur	57
3.4.3	Ujian Kekerasan	58
3.4.4	Analisis Fasa	59
3.5	Penyediaan Eksperimen Penganodan	59
3.5.1	Analisis Selepas Ujian Penganodan	61
3.6	Ujian kakisan	62

BAB 4 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

4.1	Pengenalan	65
4.2	Bahagian 1 : Fabrikasi aloi PM Al-Mg dan Komposit PM Al-Mg Bertetulang Gentian Pendek Alumina Saffil TM	66
4.2.1	Bahan Mentah	66
4.2.2	Kajian Peratusan Berat Mg Dalam aloi PM Al-Mg	69
4.2.2.1	Ujian Ketumpatan dan Keliangan	70
4.2.2.2	Ujian Kekerasan Vickers	71
4.2.2.3	Kajian Mikrostruktur	73
4.2.3	Fabrikasi Komposit PM Al-Mg Bertetulang Gentian Pendek Alumina Saffil TM	75
4.2.3.1	Ujian Ketumpatan dan Keliangan	75
4.2.3.2	Ujian Kekerasan Vickers	78
4.2.3.3	Kajian Mikrostruktur	80
4.3	Bahagian 2: Penganodan Asid Sulfurik	82
4.3.1	Kesan Bezaupaya Penganodan Terhadap Perubahan	82

	Jisim	
4.3.2	Kesan Bezaupaya Penganodan Terhadap Kekerasan	88
4.3.3	Kesan Kepekatan Asid Sulfurik Terhadap Perubahan Jisim	89
4.3.4	Kesan Kepekatan Asid Sulfurik Terhadap Kekerasan	93
4.3.5	Analisis fasa	95
4.4	Bahagian 3: Ujian Kakisan	97
4.4.1	Kesan Bezaupaya Penganodan Berbeza Terhadap Kakisan	98
4.4.2	Kesan Kepekatan Asid Sulfurik Terhadap Kakisan	102
BAB 5 KESIMPULAN		
5.1	Kesimpulan	107
5.2	Cadangan Penambahbaikan	108
RUJUKAN		109
APENDIX A		117
SENARAI PENERBITAN		119
SENARAI PENGHARGAAN		120

© This item is protected by original copyright

SENARAI RAJAH

NO.		MUKA SURAT
1.1	Carta alir kaedah kajian yang dijalankan.	8
2.1	Gambarajah skematik jenis-jenis penguat dalam KML (Lindroos dan Talvitie, 1995)	11
2.2	Lakaran skematik sudut sentuhan pada (a) sistem tiada pembasahan dan (b) sistem pembasahan (Rajan, 1998)	21
2.3	Contoh-contoh produk berasaskan metalurgi serbuk.	24
2.4	Mekanisma pensinteran	27
2.5	Mikrograf SEM untuk (a) lapisan beranod asid sulfurik (b) lapisan beranod asid kromik (Mourtarlier et al., 2003).	33
2.6	Rajah skematik pembentukan aluminium oksida teranod berliang (Masuda et al., 2006).	35
2.7	Pemindahan ion di dalam proses penganodan (Sarkar et al., 2007).	36
2.8	Analogi mekanikal perubahan tenaga bebas (Fontana, 1987)	38
2.9	Tindakbalas elektrokimia pada aluminium di dalam asid sulfurik	39
2.10	Gambarajah Pourbaix bagi aluminium di dalam air tulen (Talbot, 1997).	42
2.11	Kakisan pada antaramuka matriks/gentian, serangan berterusan pada antaramuka menyumbang kepada nyahikatan antara matriks logam dan gentian (Winkler et al., 2003)	45

3.1	Acuan	55
3.2	Profil proses pensinteran untuk fabrikasi sampel	56
3.3	Litar proses penganodan.	61
3.4	Gambarajah skematik sel kakisan	62
3.5	Plot Tafel secara teori mengilustrasikan kaedah pengutuban Tafel. (Mansfeld, 2002)	63
4.1	Mikrograf SEM serbuk Al dengan 100x pembesaran	66
4.2	Taburan saiz zarah serbuk Al	67
4.3	Mikrograf SEM serbuk Mg dengan 100x pembesaran	67
4.4	Taburan saiz zarah serbuk Mg	68
4.5	Mikrograf SEM gentian pendek alumina Saffil TM dengan 100x pembesaran	69
4.6	Kesan peratus berat Mg terhadap Ketumpatan	70
4.7	Kesan peratus berat Mg terhadap keliangan	71
4.8	Kesan Peratus Berat Mg terhadap Kekerasan	72
4.9	Mikrograf SEM untuk sample dengan peratus berat Mg berbeza; (a) 0.5%bt, (b) 1.0%bt, (c) 1.5%bt, (d) 2.0%bt, (e) 2.5%bt dan (f) 3.0%bt	74
4.10	Ketumpatan KMA dengan peratus berat gentian alumina Saffil TM yang berbeza	76
4.11	Peratus keliangan KMA dengan kandungan peratus berat gentian alumina Saffil yang berbeza	77
4.12	Nilai kekerasan Vickers dengan fungsi peratus berat gentian pendek alumina Saffil TM yang berbeza	79

4.13	Mikrograf SEM untuk peratus berat gentian pendek alumina Saffil TM yang berbeza; (a) 5%bt, (b) 10%bt, (c) 15%bt, (d) 20%bt dan (e) 25%bt pada pembesaran 250x.	81
4.14	Pertambahan jisim AAO pada sampel komposit PM Al-Mg dengan bezaupaya penganodan yang berbeza	83
4.15	Mikrostruktur keratan rentas komposit PM Al-Mg diperkuat gentian pendek alumina Saffil TM selepas penganodan dengan bezaupaya berbeza	86
4.16	Ketebalan lapisan alumina teranod dengan bezaupaya penganodan yang berbeza	87
4.17	Nilai kekerasan sampel dengan bezaupaya penganodan yang berbeza.	89
4.18	Perubahan jisim lapisan teranod sampel komposit PM Al-Mg dengan penganodan di dalam peratus kepekatan asid sulfurik yang berbeza.	90
4.19	Mikrostruktur keratan rentas komposit PM Al-Mg diperkuat gentian pendek alumina Saffil TM selepas penganodan dengan kepekatan asid sulfurik yang berbeza	92
4.20	Ketebalan lapisan alumina teranod daripada penganodan dengan kepekatan asid sulfurik yang berbeza	93
4.21	Nilai kekerasan Vickers dengan penganodan di dalam peratus kepekatan asid sulfurik yang berbeza.	94
4.22	Corak belauan XRD untuk sampel komposit PM Al-Mg dengan bezaupaya penganodan yang berbeza.	96
4.23	Corak belauan XRD untuk sampel komposit PM Al-Mg	97

- dengan bezaupaya penganodan yang berbeza
- 4.24 Keluk pengutuban bagi ujian Tafel ke atas sampel komposit PM Al-Mg; (a) tanpa salutan penganodan, dan dengan penganodan menggunakan bezaupaya (b) 10V, (c) 12V, (d) 14V, (e) 16V dan (f) 18V. 101
- 4.25 Keluk pengutuban bagi ujian Tafel ke atas sampel komposit PM Al-Mg (a) tanpa salutan penganodan, dan dengan penganodan dalam kepekatan H_2SO_4 ; (b) 5%, (c) 10%, (d) 15%, (e) 20% dan (f) 25%. 105

© This item is protected by original copyright

SENARAI JADUAL

NO.	MUKA SURAT
2.1	Jadual 2.1: Penentuan berangka kumpulan aloi aluminium tempawan (Alexander, 2005) 17
2.2	Jadual 2.2 : Penentuan Berangka kelas aloi aluminium tuang (Alexander, 2005) 17
2.3	Jadual 2.3: Kesan-kesan penambahan elemen pengaloiian yang berbeza ke atas aloi aluminium (Alexander, 2005). 19
3.1	Sifat-sifat serbuk aluminium (www.merck.de) 50
3.2	Data serbuk Mg. 51
3.3	Ciri-ciri gentian pendek alumina Saffil TM 52
3.4	Taburan jisim bahan mentah yang diperlukan untuk menghasilkan sejumlah 20 gram komposit PM Al-Mg yang digunakan di dalam kajian ini. 54
3.5	Parameter Penganodan 60
4.1	Parameter-parameter ujian elektrokimia ke atas komposit PM Al-Mg teranod dengan bezaupaya penganodan yang berbeza. 98
4.2	Parameter-parameter ujian elektrokimia ke atas komposit PM Al-Mg teranod di dalam kepekatan asid sulfurik yang berbeza. 104

SENARAI SINGKATAN

AAO	Aluminium oksida teranod
Al	Aluminium
AlN	Aluminium nitrida
Ag	Perak
Al ₂ O ₃	Alumina
Al Al1.67O4	Aluminum oksida
Al(OH) ₃	Aluminium hidroksida
ASM	American Society of Materials
ASTM	American Society of Testing and Materials
B	Boron
C	Grafit
Ca	Kalsium
Cu	Kuprum
H ₂ O	Air
H ₂ SO ₄	Asid Sulfurik
HVN	Nombor kekerasan Vickers
KMA	Komposit Matriks Logam
KML	Komposit Matriks Aluminium
KMP	Komposit Matriks Polimer
Ltd	Limited
Li	Litium
Mg	Magnesium
MgAl ₂ O ₄	Spinel
Mn	Mangan
Nd	Neodymium
NaCl	Natrium klorida
P	Fosforus
PM	Powder metallurgy
PM Al-Mg	Metalurgi Serbuk Aluminium-Magnesium
Sc	Scandium
SiN ₄	Silikon nitrida
Si ₃ Ni	Silikon nikel
SCE	Saturated colamel electrode
SEM	Scanning electron microscope
SiO ₂	Silika
SiC	Silikon karbida
TiB ₂	Titanium Bromida
TiH ₂	Titanium hidrida
TiC	Titanium karbida
TEM	Transmission electron micrograph
XRD	X-Ray Diffraction
WC	Tungsten karbida
Zr	Zirkonium

SENARAI SIMBOL

A/cm^2	Ampere per centimetre square
%bt	Peratus berat
ΔG	Perubahan tenaga bebas
E_{corr}	Upaya kakisan
g/cm^3	Gram per isipadu
I_{corr}	Ketumpatan arus kakisan
mV	Mikro Volt
MPa	Mega Pascal
R_p	Rintangan pengutuban
Rpm	Putaran per minit
mg/cm^2	Milligram per centimetre square
μm	Mikrometer
$\mu m/year$	Mikrometer setahun
γ_{lv}	Tegangan permukaan cecair logam
γ_{sv}	Tenaga permukaan pepejal
γ_{sl}	Tenaga antaramuka pepejal/cecair

© This item is protected by original copyright

Fabrication and Anodising on Powder Metallurgy Aluminium-Magnesium Composites Reinforced with Short Fibre Alumina SaffilTM

ABSTRACT

Anodising process on powder metallurgy aluminium-magnesium composites reinforced with short fibre alumina SaffilTM has been studied. PM Al-Mg composites were fabricated using PM route with Mg powder as the alloying element and short fibre alumina SaffilTM as the reinforcements. Mg powder was added in the rate of 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 and 3.0 wt% and short fibre alumina SaffilTM 5, 10, 15, 20 and 25 wt% to study the effect of adding those elements in various compositions. Microstructure analysis, density and porosity test and hardness test was used to determine the optimum weight percent of Mg powder and short fibre alumina SaffilTM in the PM Al-Mg composites. Result showed that 2.0 wt% of Mg is the best composition according to the surface morphology of the PM Al-Mg alloy with the least porosity. Meanwhile, the density and hardness recorded the highest value with this composition, 2.3 g/cm³ and 37.1 HVN accordingly. The optimum composition for short fibre alumina SaffilTM is 10% according to the density of 2.25 g/cm³, hardness value of 48 HVN, and had the most homogenous fibre distribution compared to the other compositions. After that, PM Al-Mg composite samples were coated in sulphuric acid anodising process. The study focused on effect of the various anodising voltage (10V, 12V, 14V, 16V and 18V) in 15% sulphuric acid and various concentration of sulphuric acid (5%, 10%, 15%, 20% and 25%) on the growth of a good anodising coating film. The anodising process were done in the room temperature ($\pm 25^{\circ}\text{C}$) for 60 minutes. The increasing of the coating film mass were recorded every 10 minutes for each anodising parameters. Cross sectional morphology was used to analyse the anodising coating film thickness formed on the surface of PM Al-Mg composites. The increasing of anodising voltage and concentration of sulphuric acid resulted on the increasing of anodising coating film. From the result, the most suitable anodising voltage is 16V and 15% concentration of sulphuric acid according to the coating film formed is uniform, less of porosity and showed the best rate of coating film mass. The maximum hardness value was also shown by anodising with 16V voltage (63HVN) and 15% concentration of sulphuric acid (64 HVN). After the anodising process, PM Al-Mg composite samples were tested in electrochemical testing in 3.5% NaCl solution to study the effect of various parameters of anodising coating on corrosion resistance. Tafel analysis showed that the corrosion rate was decreased and corrosion resistance was increased after the anodising coating process on PM Al-Mg composites. The minimum corrosion rate and maximum corrosion resistance were recorded by anodising with 16V voltage and 15% concentration of sulphuric acid, same goes to the best parameters of anodising. A good anodising coating can decrease the corrosion rate and increase the corrosion resistance of PM Al-Mg composite samples.

Fabrikasi dan Penganodan Komposit Metalurgi Serbuk Aluminium-Magnesium Diperkuat Gentian Pendek Alumina Saffil™

ABSTRAK

Proses penganodan ke atas komposit metalurgi serbuk (PM) aluminium-magnesium yang diperkuat gentian pendek alumina Saffil™ telah dikaji. Komposit PM Al-Mg difabrikasi menerusi kaedah PM dengan penambahan serbuk magnesium sebagai agen pengalioan dan gentian pendek alumina Saffil™ sebagai penguat. Serbuk Mg ditambah pada kadar 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 dan 3.0% berat dan gentian pendek alumina Saffil™ pada kadar 5, 10, 15, 20 dan 25% berat untuk meneguji kesan penambahan elemen-elemen tersebut pada komposisi yang berbeza. Penentuan peratus berat optimum kandungan serbuk Mg dan gentian pendek alumina Saffil™ di dalam komposit PM Al-Mg adalah berdasarkan analisa mikrostruktur, ujian ketumpatan dan keliangan dan ujian kekerasan. Keputusan ujian menunjukkan kandungan optimum Mg adalah 2.0% berat kerana memberikan morfologi permukaan yang paling baik dengan taburan keliangan yang paling rendah. Ketumpatan dan kekerasan sampel aloi PM Al-Mg juga adalah tertinggi, dengan nilai masing-masing 2.3 g/cm^3 dan 37.1 HVN. Kandungan optimum untuk gentian pendek alumina Saffil™ pula adalah 10% berdasarkan nilai ketumpatan 2.25 g/cm^3 , nilai kekerasan 48 HVN, dan mempunyai taburan gentian yang paling homogen berbanding peratus berat gentian alumina Saffil™ yang lain. Sampel komposit PM Al-Mg kemudiannya menjalani proses salutan penganodan asid sulfurik. Kajian difokuskan kepada kesan bezaupaya penganodan yang berbeza di dalam asid sulfurik berkepekatan 15% (10V, 12V, 14V, 16V dan 18V) dan kepekatan asid sulfurik yang berbeza (5%, 10%, 15%, 20% dan 25%) terhadap pembentukan salutan penganodan yang baik. Penganodan dijalankan di dalam suhu bilik ($+25^\circ\text{C}$) selama 60 minit. Pertambahan jisim salutan dicatat pada sela masa 10 minit untuk setiap parameter penganodan. Morfologi keratan rentas digunakan untuk menganalisa ketebalan lapisan salutan penganodan yang terbentuk pada permukaan komposit PM Al-Mg hasil proses penganodan dengan parameter yang berbeza. Pertambahan bezaupaya penganodan dan peningkatan kepekatan asid sulfurik menghasilkan ketebalan lapisan salutan yang bertambah. Hasil kajian mendapati, proses penganodan yang paling sesuai adalah dengan menggunakan bezaupaya 16V dan kepekatan asid sulfurik 15% berdasarkan lapisan salutan yang terbentuk adalah seragam, kurang keliangan dan menunjukkan kadar penambahan jisim yang baik semasa proses penganodan dijalankan. Nilai kekerasan sampel yang maksimum juga dicatatkan oleh penganodan dengan bezaupaya 16V (63 HVN) dan kepekatan asid sulfurik 15% (64 HVN). Selepas salutan penganodan dijalankan, sampel komposit PM Al-Mg menjalani ujian elektrokimia di dalam larutan 3.5% NaCl untuk mengkaji kesan salutan penganodan dengan parameter yang berbeza ke atas rintangan kakisan. Analisis Tafel dari keluk pengutuban yang terhasil menunjukkan kadar kakisan berkurang dan rintangan kakisan bertambah selepas proses salutan penganodan dijalankan ke atas sampel komposit PM Al-Mg. Kadar kakisan minimum dan rintangan kakisan maksimum dicatatkan oleh penganodan dengan bezaupaya 16V dan kepekatan asid sulfurik 15%, selari dengan parameter proses penganodan yang terbaik. Salutan penganodan yang baik terbukti dapat mengurangkan kadar kakisan dan meningkatkan rintangan kakisan sampel komposit PM Al-Mg.

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Pengenalan

Aluminium dan aloi aluminium merupakan bahan logam kejuruteraan yang paling digemari kerana ringan dan mempunyai sifat-sifat mekanik yang baik. Kajian yang berkaitan dengan aluminium telah menarik minat ramai penyelidik untuk mengkaji pelbagai pendekatan untuk meningkatkan lagi prestasi aluminium dan menutup kelemahan yang ada. Bahan pengaloian dan penguat ditambah dengan pelbagai kaedah fabrikasi untuk mendapatkan sifat-sifat yang dikehendaki mengikut kesesuaian aplikasi dan memenuhi kehendak industri. Teknik salutan juga dilakukan ke atas aluminium untuk menambah rintangan kakisan yang sedia ada.

Logam aluminium tulen hanya boleh diaplikasikan untuk kegunaan yang tertentu sahaja dan sangat terhad. Penambahan elemen-elemen pengaloian ke dalam aluminium tulen telah melonjakkan permintaan terhadap aluminium berikutan sifat-sifat yang ditawarkan adalah sangat baik. Antara elemen-elemen pengaloian yang biasanya ditambah ke dalam aluminium adalah magnesium, kuprum, zink, mangan dan silikon. Penambahan magnesium (Mg) ke dalam aluminium dapat meningkatkan sifat kekuatan dan kekerasan kerja aloi aluminium (Alexander, 2005 dan Bishop et al., 2000). Menurut MacAskill et al. (2010), Mg akan bertindakbalas dengan kulit aluminium yang berasaskan alumina tersebut untuk membentuk spinel ($MgAl_2O_4$). Keadaan ini akan

mengganggu keselajaran lapisan oksida di permukaan aluminium dan membolehkan tindakbalas lain yang perlu untuk pensinteran berlaku. Di dalam kajian yang dijalankan, mereka menggunakan serbuk Al tulen dan menambahkan 0-2.5% berat serbuk Mg. Asavavisithchai dan Kennedy (2006) pula telah membuktikan bahawa penambahan magnesium di dalam Al-Al₂O₃ telah memperbaiki kestabilan busa dan meningkatkan pembasahan antara matriks dan penguat.

Teknik mampat dan sinter metalurgi serbuk (PM) adalah unik, kaedah yang menjimatkan kos untuk fabrikasi bentuk yang paling hampir dan bahagian-bahagian aluminium yang kecil dan kompleks. Pengeluaran bahagian-bahagian PM aluminium secara komersial bermula pada tahun 1969 dan telah lebih 40 tahun bahagian-bahagian PM Al mendapat perhatian dan berkembang dalam julat yang luas di dalam aplikasi industri. Kaedah PM juga lebih mendapat perhatian kerana menawarkan penyerakan zarah-zarah atau gentian yang homogen berbanding kaedah tempawan (Yu et al., 2010; Corrochano et al., 2009). Rahimian et al. (2009) juga bersetuju bahawa kelebihan kaedah PM berbanding kaedah tempawan adalah kawalan yang lebih baik terhadap mikrostruktur, iaitu penyerakan penguat yang lebih seragam di dalam sampel PM.

Komposit matriks aluminium (KMA) berpenguat sesungut atau gentian seramik menjadi bahan yang penting untuk struktur berprestasi tinggi di dalam industri aeroangkasa dan automotif. Menambahkan bahan penguat ke dalam KMA dengan penguat seramik (sesungut atau zarah) telah digunapakai sejak lebih 20 tahun lepas untuk membentuk KMA yang terbaik. Penggunaan penguat yang tidak berterusan, bahan seramik satu dimensi memberikan kekuatan dan Modulus Young yang tinggi, lengai terhadap bahan kimia dan pengembangan kimia yang rendah, menghasilkan

komposit dengan kekuatan yang tinggi, kekakuan yang tinggi, rintangan haus yang baik dan ketahanan lasakan terhadap suhu yang tinggi (Yu et al., 2012, Rodrigo et al., 2009).

Kakisan di dalam komposit matriks logam (KML) merupakan satu masalah yang menjadi perhatian para penyelidik. Kehadiran bahan penguat seperti gentian dan zarah di dalam komposit matriks logam dan pemprosesan serta teknik fabrikasi menjurus kepada penyebab berlakunya kakisan terpecut terhadap matriks logam berbanding kakisan terhadap aloi matriks yang tidak berpenguat. Kakisan terpecut mungkin berpunca dari saling tindak kimia di antara jujuk-jujuk KML, kesan mikrostruktur, dan dari masalah-masalah yang berkait dengan pemprosesan.

Aluminium dan aloi aluminium secara semulajadi telah membentuk satu lapisan oksida nipis pada permukaannya. Lapisan oksida ini berfungsi untuk melindungi permukaan aluminium daripada tindakbalas kakisan daripada berlaku. Walau bagaimanapun lapisan oksida ini tidak seragam dan tidak dapat memberi perlindungan secukupnya terhadap kakisan, terutamanya di dalam persekitaran yang berasid atau beralkali. Salutan permukaan merupakan satu proses kemas yang boleh meningkatkan rintangan kakisan bahan aluminium. Menurut Mert et al. (2011), penganodan adalah salah satu proses yang paling penting untuk perlindungan kakisan terhadap aluminium.

Penganodan adalah proses salutan permukaan yang melibatkan pengoksidaan dan penurunan pada kedua-dua elektrod, iaitu anod dan katod di dalam satu sel elektrokimia. Bahan yang hendak disalut disambung pada terminal anod, manakala terminal katod disambung dengan logam yang lengai seperti aluminium, platinum, plumbum, stanum dan karbon. Bezaupaya dialirkan melalui sel elektrokimia ini untuk

menurunkan elektron pada katod dan seterusnya membentuk oksida pada anod. Elektrolit yang digunakan boleh terdiri dari larutan berasid atau beralkali.

1.2 Pernyataan Masalah

Komposit matriks logam (KML) merupakan bahan generasi baru yang boleh digunapakai di dalam banyak industri. Penguat seramik yang kuat dimasukkan ke dalam matriks logam kumpulan bahan-bahan ini untuk meningkatkan sifat-sifat asal bahan tersebut termasuk kekuatan spesifik, kekakuan spesifik, rintangan haus, rintangan kakisan dan modulus elastik yang tinggi.

Terdapat beberapa pilihan bahan seramik yang sering digunakan sebagai bahan penguat di dalam bahan komposit, terutama komposit matriks aluminium. Antara bahan seramik yang sering di gunakan sebagai bahan penguat di dalam aluminium adalah alumina, silikon karbida dan gentian karbon. Komposit logam berpenguat alumina sangat sesuai untuk aplikasi di dalam bidang aeroangkasa, penjana kuasa, automotif dan sektor pertahanan. Kebanyakan kajian yang dijalankan ke atas komposit logam berpenguat alumina tertumpu kepada kaedah pembuatan dan sifat-sifat mekanik. Sebilangan kecil sahaja kajian dilakukan untuk mengenalpasti kelakuan kakisan bahan tersebut, menyebabkan mekanisma kakisan bahan ini tidak begitu difahami (Zhu dan Hihara, 2010). Kiourtsidis et al., (1999) telah melaporkan bahawa penambahan fasa seramik di dalam aloi aluminium di dalam bentuk gentian atau zarah telah merencat kelakuan kakisan aloi tersebut.

Permukaan produk berasaskan aluminium yang tidak menjalani rawatan akan bertindakbalas dengan udara atau lembapan secara spontan untuk membentuk lapisan oksida. Lapisan oksida ini akan bertindak sebagai penghalang untuk tindakan pengoksidaan yang seterusnya. Walau bagaimanapun, lapisan oksida yang terbentuk secara semulajadi ini adalah sangat nipis dan tidak mampu melindungi aluminium di dalam keadaan yang lebih ekstrem. Di dalam persekitaran yang kurang memuaskan, lapisan oksida ini mudah rosak dan ini memungkinkan untuk berlakunya serangan kakisan setempat yang juga akan membawa kepada jenis-jenis kakisan yang lain. Proses penganodan akan menggantikan lapisan oksida nipis semulajadi ini dengan struktur lapisan teranod yang berintang tinggi, yang menyediakan perlindungan terhadap serangan kakisan setempat tersebut daripada berlaku.

Penggunaan aluminium dan aloi aluminium yang meluas di dalam bidang pembuatan meliputi bidang pengangkutan hingga senibina menuntut kepada rawatan permukaan untuk perlindungan dari kakisan. Penganodan aluminium adalah satu cara yang giat dikaji dan merupakan kaedah yang diterimapakai yang meliputi pembentukan lapisan oksida teranod aluminium secara elektrokimia (Zubillaga, 2008).

Kajian ini dijalankan untuk mendapatkan peratus berat optimum gentian alumina SaffilTM untuk fabrikasi komposit PM Al-Mg. Komposisi agen pengalioan, iaitu Mg juga ditentukan melalui kaedah yang sama. Seterusnya, proses salutan penganodan dijalankan untuk meningkatkan rintangan kakisan sampel komposit yang terhasil.

1.3 Objektif Penyelidikan

Tujuan penyelidikan ini dijalankan adalah :

- I. Mengkaji fabrikasi aloi aluminium-magnesium dan komposit matriks aluminium berpenguat gentian pendek alumina SaffilTM melalui kaedah metalurgi serbuk (PM). Seterusnya menentukan kandungan magnesium dan gentian pendek alumina SaffilTM yang optimum berdasarkan sifat fizikal dan mekanik sampel yang dihasilkan.
- II. Mengkaji proses penganodan terhadap komposit PM Al-Mg berpenguat gentian pendek alumina SaffilTM dengan bezaupaya penganodan dan kepekatan asid sulfurik yang berbeza.
- III. Mengkaji kesan kakisan terhadap sampel komposit PM Al-Mg berpenguat gentian pendek alumina SaffilTM yang mengalami penganodan asid sulfurik.

1.4 Pendekatan penyelidikan

Penyelidikan terhadap penganodan komposit aluminium berpenguat gentian pendek alumina SaffilTM ini dapat dibahagikan kepada 4 fasa iaitu:

Fasa 1 : Penentuan ciri-ciri bahan mentah

Fasa 2 : Fabrikasi PM Al-Mg aloi

Fasa 3: Fabrikasi komposit PM Al-Mg diperkuat gentian pendek alumina SaffilTM

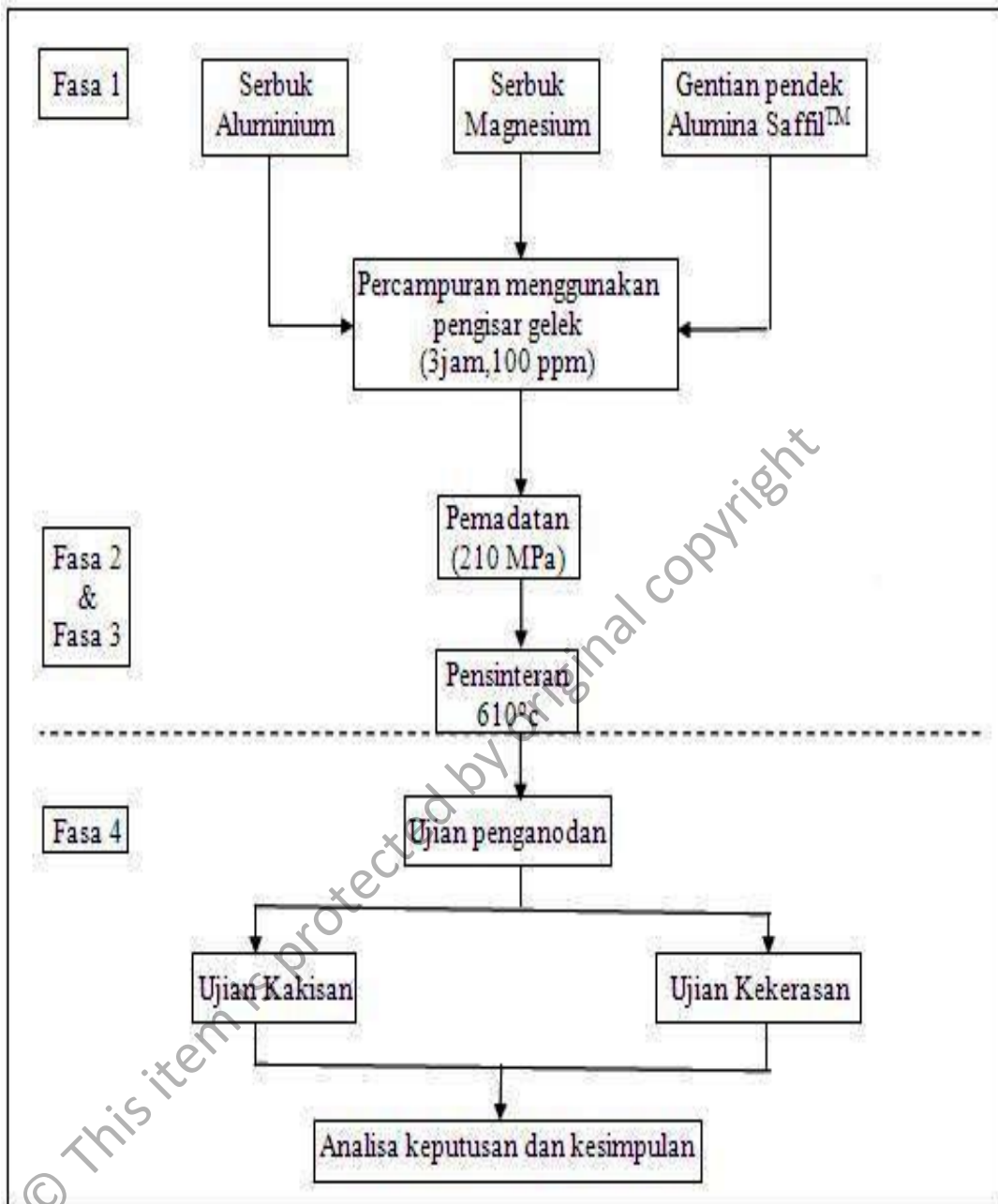
Fasa 4 : Penganodan asid sulfurik komposit PM Al-Mg dan ujian kakisan

Bahagian pertama iaitu fasa 1 adalah kajian pencirian bahan mentah yang akan digunakan di dalam kajian ini. Analisis taburan saiz zarah dan morfologi serbuk aluminium, magnesium dan gentian alumina SaffilTM dijalankan. Kaedah fabrikasi secara metalurgi serbuk (PM) telah dipilih untuk menghasilkan sampel yang akan digunakan sepanjang kajian ini.

Pada fasa kedua, kajian fabrikasi aloi PM aluminium-magnesium dijalankan dengan mencampurkan 0.5 hingga 2.5% berat serbuk magnesium ke dalam aluminium. Analisis mikrostruktur, ujian ketumpatan dan keliangan dan ujian kekerasan dijalankan untuk mendapatkan komposisi optimum Mg. Kajian diteruskan dengan penambahan gentian pendek alumina SaffilTM pada komposisi yang berbeza (5%bt, 10%bt, 15%bt, 20%bt dan 25%bt).

Sampel komposit PM Al-Mg berpenguat gentian pendek alumina SaffilTM yang terhasil akan menjalani proses penganodan asid sulfurik. Parameter yang dikaji adalah bezaupaya penganodan (10V-18V) dan kepekatan asid sulfurik (5%-25%) yang digunakan untuk proses penganodan. Mikrostruktur keratan rentas sampel selepas penganodan dianalisis, kekerasan sampel juga diuji. Selepas salutan penganodan dijalankan, ujian elektrokimia dijalankan di dalam larutan 3.5% NaCl ke atas sampel untuk menguji rintangan kakisan.

Untuk fasa terakhir, semua keputusan ujian yang telah dijalankan akan dianalisis dan dibincangkan di dalam kajian ini. Rajah 1.1 menunjukkan carta alir kaedah kajian ini dijalankan.



Rajah 1.1 : Carta alir kaedah kajian ini dijalankan.

BAB 2

KAJIAN PERSURATAN

2.1 Pengenalan Kepada Bahan Komposit

Bahan komposit terhasil apabila dua atau lebih bahan atau fasa digunakan bersama untuk menghasilkan sifat-sifat gabungan yang lebih baik daripada mana-mana bahan asal tersebut. Bahan komposit dipilih untuk memberikan gabungan luarbiasa sifat-sifat kekakuan, kekuatan, berat, tahan suhu tinggi, tahan kakisan, kekuatan atau kekonduksian (Askeland, 2006). Bhargava (2009) pula mendefinisikan bahan komposit sebagai dua atau lebih bahan yang tidak sama yang terikat secara intim untuk membentuk struktur bersepadu. Kebanyakan bahan komposit terdiri daripada dua fasa, iaitu matriks yang berterusan dan mengelilingi fasa kedua yang tidak berterusan, iaitu penguat.

Secara amnya, sesuatu bahan komposit perlu memiliki ciri-ciri dimana fasa kedua iaitu gentian atau zarahannya mestilah terserak secara seragam di dalam matriks dan tidak bersentuhan antara satu sama lain. Elemen-elemen di dalam komposit tidak boleh bertindakbalas antara satu sama lain pada suhu tinggi, jika tidak ikatan antara muka akan lemah dan menjurus kepada kegagalan bahan komposit tersebut. Fasa kedua juga tidak boleh kehilangan kekuatannya, dan ianya mestilah terikat dengan kuat dengan matriks. Matriks mestilah mempunyai modulus keelastikan yang rendah berbanding gentian (Bhargava, 2009).