

**KESAN BEBANAN KELULI TAHAN KARAT TERHADAP CIRI-CIRI
KOMPOSIT GRAFIT POLIPROPILENA UNTUK PLAT DWI KUTUB**

MUHAMAD ASZHARE BIN ABDUL

UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

MUHAMMAD ASZAHARE B. ABDUL IJAZAH SARJANA MUDA KEJ. MEKANIKAL (STRUKTUR & BAHAN)(KEPUJIAN) 2015 UTeM

PENGISYTIHARAN PENYELIA

“Saya mengisytiharkan bahawa saya telah membaca tesis ini dan pada pandangan saya laporan ini adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Struktur dan Bahan)”

Tandatangan :.....

Penyelia : DR. MOHD ZULKEFLI BIN SELAMAT

Tarikh : 30 JUN 2015

**KESAN BEBANAN KELULI TAHAN KARAT TERHADAP CIRI-CIRI
KOMPOSIT GRAFIT POLIPROPILENA UNTUK PLAT DWI KUTUB**

MUHAMAD ASZHARE BIN ABDUL

**Tesis ini akan diserahkan kepada fakulti kejuruteraan mekanikal
sebagai syarat untuk mendapatkan penganugerahan
Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Struktur & Bahan)**

**Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Universiti Teknikal Malaysia Melaka**

JUN 2015

PENGISYTIHARAN

“Saya dengan ini mengisytiharkan bahawa kerja dalam tesis ini merupakan kepunyaan saya sendiri kecuali rumusan dan petikan yang telah diberi pengiktirafan.”

Tandatangan :

Pengarang : MUHAMAD ASZAHARE BIN ABDUL

Tarikh : 30 JUN 2015

PENGHARGAAN

Assalamualaikum w.b.t

Setinggi-tinggi kesyukuran kepada hadrat Illahi Allah S.W.T kerana dengan limpah dan keizinan-Nya Projek Sarjana Muda ini berjaya disempurnakan dengan jayanya. Setelah 2 semester tahun akhir bertungkus lumus dalam usaha mendalami projek ini, akhirnya saya telah menyempurnakan tanggungjawab sebagai seorang pelajar siswazah universiti. Ianya mustahil untuk saya menyempurnakan kajian ini tanpa bantuan dan pertolongan daripada semua pihak yang terlibat.

Malah penting untuk saya mengucapkan terima kasih kepada sebahagian-sebahagian daripada kesemua pihak yang terlibat. Pertama sekali saya suka untuk mencatatkan ribuan terima kasih kepada Dr. Mohd Zulkefli Bin Selamat sebagai Penyelia Projek Sarjana Muda saya kerana telah banyak meluangkan masa, memberikan banyak sokongan serta dorongan, keprihatinan, penuh berwibawa dan komen dimana memotivasikan saya dalam mempelajari sesuatu perkara yang baru sepanjang kajian ini dijalankan.

Tidak lupa juga, ucapan jutaan terima kasih kepada seluruh keluarga, pensyarah-pensyarah, juruteknik dan rakan-rakan kerana memberi sokongan secara langsung dan tidak langsung. Segala bantuan dan kebaikan tidak dapat dibayar kecuali Allah S.W.T. Terakhir sekali, sekali lagi saya ingin mengucapkan terima kasih kepada semua ahli yang terlibat secara langsung mahupun tidak untuk menjayakan Projek Sarjana Muda ini.

Terima kasih.

ABSTRACT

Over the past decade, rapid progress has been made in the understanding and development of Conductive Polymer Composite (CPC) as conducting materials. This project is aimed to study the effects of stainless steel (SS) loading on the electrical and mechanical properties of Graphite (Gr)/ Stainless Steel (SS)/ Polypropylene (PP) composite for bipolar plate for polymer electrolyte membrane fuel cell (PEMFC). SS is selected as second filler because it offers good electrical conductivity, high bulk thermal conductivities, good corrosion resistance and constant particle shape. The analysis on Gr/SS/PP composite ratio and the properties of Gr, SS, and PP will be carried out together with the effect of Graphite (Gr) as a main filler and Stainless Steel (SS) as a second filler whereas Polypropylene (PP) as a binder. The effect of filler on the composite properties has been evaluated as well as the ratio of the weight percentage (wt %) of the composite with 80% for multi-filler material and 20% binder material. The St wt % was varied from 5 wt % up to 30 wt % of the total multi-filler material. After formation of composite through compression molding, the effect of SS in Gr/SS/PP composite has been determined through various tests such as electrical conductivity, flexure strength, density and hardness before can be used as composition of Gr/St/PP composite of bipolar plate. The result of Electrical Conductivity, Bulk Density and Shore Hardness meet the requirements for characteristics of bipolar plate as in the Department of Energy (DoE). But for Flexural Strength a value which is showed less than 40 MPa.

ABSTRAK

Sedekad yang lalu, kemajuan pesat telah diberlakukan di dalam memahami dan pembangunan Konduktif Polimer Komposit (CPC) sebagai bahan pengalir elektrik. Projek ini bertujuan untuk mengkaji bebanan keluli tahan karat (SS) terhadap sifat-sifat elektrik dan mekanikal Grafit (Gr) / Keluli Tahan Karat (SS) / Polipropilena (PP) komposit plat dwikutub polimer elektrolit membran sel bahanapi (PEMFC). SS dipilih sebagai pengisi kedua kerana ia menawarkan kekonduksian elektrik yang baik, keberaliran haba yang tinggi, ketahanan pengaratan yang baik dan bentuk zarah yang berterusan. Analisis keatas komposit nisbah Gr / SS / PP dan sifat-sifat Gr/ SS/ PP telah dibuat bersama-sama dengan kesan bebanan Grafit (Gr) sebagai pengisi utama dan Keluli Tahan Karat (SS) sebagai pengisi kedua manakala Polipropilena (PP) sebagai pengikat. Kesan komposisi bahan pengisi terhadap sifat komposit juga dinilai berserta nisbah peratusan berat (% berat) dengan 80% untuk bahan pelbagai pengisi dan 20% bahan pengikat. Peratus berat SS diubah mulai 5% berat sehingga 30% berat daripada jumlah bahan pelbagai pengisi. Selepas pembentukan komposit melalui pengacuan mampatan, kesan bebanan SS dalam Gr / SS / PP komposit ditentukan melalui pelbagai ujian seperti kekonduksian elektrik, kekuatan lenturan, kepadatan dan kekerasan sebelum boleh digunakan sebagai komposisi Gr / SS / PP komposit plat dwikutub. Hasil kajian ini menunjukkan analisis daripada Kekonduksian Elektrik, Ketumpatan dan Kekerasan memenuhi ciri-ciri yang diperlukan plat dwikutu boleh Jabatan Tenaga (JAS). Manakala bagi Kekuatan Lenturan hasilnya menunjukkan sangat rendah daripada 40 MPa.

ISI KANDUNGAN

BAB	TAJUK	MUKA SURAT
	PENGISYTIHARAN PENYELIA	
	TAJUK HALAMAN	i
	PENGISYTIHARAN	ii
	PENGHARGAAN	iii
	ABSTRACT	iv
	ABSTRAK	v
	ISI KANDUNGAN	vi-x
	SENARAI RAJAH	xi-xiii
	SENARAI JADUAL	xiv-xv
	SENARAI LAMPIRAN	xvi
	SENARAI SIMBOL	xvii
	SENARAI SINGKATAN	xviii
BAB 1	PENDAHULUAN	
	1.1 LATAR BELAKANG	1
	1.2 OBJEKTIF	3
	1.3 PERNYATAAN MASALAH	3
	1.4 SKOP KAJIAN	4

BAB 2**KAJIAN PUSTAKA**

2.1	KONDUKTIF KOMPOSIT POLIMER	5
2.1.1	Konduktiviti Polimer Pengisi	6
2.1.2	Polimer Pengisi bersama Konduktif Padu	7
2.2	PERTUKARAN PROTON MEMBRAN SEL BAHAN API (PEMFC)	9
2.2.1	Pertukaran Proton Membran Sel Bahan Api Berfungsi	10
2.2.2	Komponen PEMFC	11
2.2.2.1	Plat Dwi Kutub	11
2.3	BAHAN PLAT DWI KUTUB	13
2.3.1	Pengisi	14
2.3.1.1	Grafit	14
2.3.1.2	Keluli Tahan Karat	19
2.3.2	Pengikat	23
2.3.2.1	Polipropilena (PP)	23
2.4	FABRIKASI PLAT DWI KUTUB	25
2.4.1	Pengacuan Injeksi	25
2.4.1.1	Keperluan Tenaga	26
2.4.2	Acuan Mampatan	27
2.4.2.1	Proses Asas Pengacuan Mampatan	27
2.4.2.2	Kelebihan	28
2.4.2.3	Kekurangan	28

2.5	KAEDAH PENGUJIAN	29
2.5.1	Kekonduksian Elektrikal	29
2.5.2	Sifat-sifat Mekanikal	30
2.6	KAJIAN LANJUTAN	31

BAB 3

METODOLOGI

3.1	PENYIFATAN DARI BAHAN ASAS	34
3.2	PENCAMPURAN AWALAN	35
3.3	PENYEDIAAN SERBUK PP	36
3.4	PENYEDIAAN PLAT DWI KUTUB (Gr + SS + PP)	37
3.5	PENGACUAN MAMPATAN	38
3.6	PENGUJIAN	40
3.6.1	Sifat-Sifat Elektrikal	40
3.6.2	Sifat-Sifat Mekanikal	40
3.6.2.1	Ujian Lenturan	41
3.6.2.2	Ujian Ketumpatan	42
3.6.2.3	Ujian Kekerasan	42

BAB 4

KEPUTUSAN DAN ANALISIS

4.1	KAJIAN AWAL	43
4.1.1	Kesan Suhu Mampatan	44
4.2	PENYEDIAAN PLAT DWI KUTUB	45
4.2.1	Keputusan Ujian Kekonduksian Elektrik	45
4.2.2	Keputusan ujian lenturan	47

4.2.3	Keputusan ujian ketumpatan	48
4.2.4	Keputusan ujian kekerasan	48
4.2.5	Keputusan ujian mikrostuktur	49

BAB 5

PERBINCANGAN

5.1	PERBINCANGAN MASALAH YANG DIHADAPI	51
5.1.1	Bahan terkeluar daripada acuan	51
5.1.2	Bahan melekat pada acuan	52
5.1.3	Plat acuan longgar	53
5.1.4	Permukaan sampel tidak sekata dan pecah	53
5.2	PENYELESAIAN	54
5.3	PERBINCANGAN DARIPADA KEPUTUSAN UJIAN	55
5.3.1	Ujian Kekonduksian Elektrik	56
5.3.2	Ujian Lenturan	57
5.3.3	Ujian Ketumpatan	59
5.3.4	Ujian Kekerasan	60
5.4	PERBANDINGAN KEPUTUSAN KAJIAN DENGAN PENGKAJIAN LAIN	61

BAB 6	KESIMPULAN DAN CADANGAN	
6.1	KESIMPULAN	63
6.2	CADANGAN	65
	RUJUKAN	66
	BIBLIOGRAFI	71
	LAMPIRAN	73

SENARAI RAJAH

BIL	TAJUK	MUKA SURAT
Rajah 1.1	Sel bahan api	2
Rajah 2.1	Keserapan S-Curve	7
Rajah 2.2	Skematik zarah konduktif tersebar dalam matriks polimer yang berbeza-beza pada isipadu zarah	8
Rajah 2.3	Pertukaran proton membran sel bahan api (PEMFC)	9
Rajah 2.4	Fungsi PEMFC	10
Rajah 2.5	Ilustrasi komponen PEMFC	11
Rajah 2.6	Plat Dwi Kutub	12
Rajah 2.7	Pengelasan Bahan Dari Plat Dwi Kutub Yang Digunakan Dalam PEMFC	13
Rajah 2.8	Contoh Grafit	16
Rajah 2.9	Unit Sel Grafit	17
Rajah 2.10	Keluli tahan karat AISI 316L (Fe/Cr18/Ni10/Mo3)	20
Rajah 2.11	Sintesis bagi polipropilena	23
Rajah 2.12	Polipropilena	24
Rajah 2.13	Mesin Acuan Injeksi	26
Rajah 2.14	Bahan dimasukkan ke dalam acuan	27
Rajah 2.15	Pengacuan ditutup	27
Rajah 2.16	Acuan dikeluarkan	28
Rajah 2.17	Mesin Pengujian Empat-Titik, Jandel	29

Rajah 2.18	Mesin penguji kekerasan Zwick dan mesin pengujian lenturan	30
Rajah 2.19	Alat Uji Meter Ketumpatan	30
Rajah 3.1	Proses Carta Aliran	33
Rajah 3.2	Serbuk bahan Gr/ SS / PP	34
Rajah 3.3	Mesin Pengisar Bebola	35
Rajah 3.4	Bebola Besi	35
Rajah 3.5	Mesin Pengacuan Mampatan	36
Rajah 3.6	Mesin penghancur	36
Rajah 3.7	Hasil partikel PP	36
Rajah 3.8	Mesin Pengisar	37
Rajah 3.9	PP (serbuk)	37
Rajah 3.10	PP (250 μ m)	37
Rajah 3.11	Acuan 140 x 60 x 3	38
Rajah 3.12	Mesin Pengacuan Mampatan	38
Rajah 3.13	Sampel Plat Dwi Kutub	39
Rajah 3.14	Mesin Pengukuran Empat-Titik, Jandel	40
Rajah 3.15	Titik ujian pada permukaan sampel	40
Rajah 3.16	Mesin Pemotong	41
Rajah 3.17	Saiz piawaian pengujian lenturan	41
Rajah 3.18	Mesin Lenturan Tiga Titik	41
Rajah 3.19	Elektronik Densimeter	42
Rajah 3.20	Saiz piawaian pengujian ketumpatan	42
Rajah 3.21	Alat Pengujian Kekerasan	42
Rajah 4.1	Mikrostruktur pada komposisi 20 bt% SS	49
Rajah 4.2	Gambarajah mikrostruktur pada setiap kandungan bt% SS	50
Rajah 5.1	Bahan terkeluar daripada acuan	52
Rajah 5.2	Bahan melekat pada acuan	52
Rajah 5.3	Permukaan sampel tidak sekata dan pecah	53
Rajah 5.4	Menggunakan lilin pada plat acuan	54

Rajah 5.5	Mesin kertas pasir	54
Rajah 5.6	Graf Kekonduksian Elektrik terhadap Kandungan SS bt%	56
Rajah 5.7	Graf Kekuatan Lenturan terhadap Kandungan SS bt%	58
Rajah 5.8	Graf ketumpatan terhadap Kandungan SS bt%	59
Rajah 5.9	Graf kekerasan terhadap Kandungan SS bt%	60

SENARAI JADUAL

BIL	TAJUK	MUKA SURAT
Jadual 2.1	Sifat Utama Pengisi	16
Jadual 2.2	Komposisi julat untuk 316L keluli tahan karaT	22
Jadual 2.3	Sifat mekanikal 316L keluli tahan karat	22
Jadual 2.4	Sifat-sifat fizikal yang biasa untuk 316 gred keluli tahan karat	22
Jadual 2.5	Sifat Utama Pengikat	24
Jadual 2.6	Keperluan kuasa pengacuan suntikan dengan bahan yang berbeza	26
Jadual 3.1	Ciri-ciri bahan asas Gr/SS/PP	34
Jadual 3.2	Kandungan berdasarkan peratusan berat	35
Jadual 3.3	Parameter Mesin Mampatan	39
Jadual 4.1	Parameter Pembuatan	44
Jadual 4.2	Keputusan kekonduksian elektrik	44
Jadual 4.3	Komposisi SS 30% dengan parameter suhu yang berbeza	44
Jadual 4.4	Parameter Pembuatan	45
Jadual 4.5	Data kedua permukaan atas dan bawah komposisi 20bt% SS	46

Jadual 4.6	Purata keputusan kekonduksian elektrik Gr/SS/PP	47
Jadual 4.7	Keputusan purata kekuatan lenturan Gr/SS/PP	47
Jadual 4.8	Purata keputusan ketumpatan Gr/SS/PP	48
Jadual 4.9	Purata keputusan Kekerasan Gr/SS/PP	48
Jadual 5.1	Jabatan Tenaga Amerika Syarikat (JAS)	55
Jadual 5.2	Perbandingan hasil kajian dengan pengkajian lain	61

SENARAI LAMPIRAN

BIL	TAJUK	MUKA SURAT
A	CARTA ALIRAN KAJIAN	68
B	CARTA GANTT PROJEK TAHUN AKHIR	69
C	PENENTUAN PARAMETER SUHU DAN TEKANAN PADA PROSES PENGACUAN MAMPATAN	70
D	HASIL PENGUJIAN KEKONDUKSIAN ELEKTRIK	71
E	HASIL PENGUJIAN KEKUATAN LENTURAN SS 15%	72
	HASIL PENGUJIAN KEKUATAN LENTURAN SS 20%	74
F	HASIL PURATA PENGUJIAN KETUMPATAN	76
G	HASIL PURATA PENGUJIAN KEKERASAN	77

SENARAI SIMBOL

PEMFC	Proton Electrolyte Membrane Fuel Cell/ Polymer Electrode Membrane Fuel Cell
PEM	Polymer Electrode Membrane
MEA	Membrane Electrode Assembly
Gr	Graphite
SS	Stainless Steel
PP	Polypropylene
CPCs	Conducting Polymer Composites
IPCs	Inherently Conducting Polymers
SPEs	Solid Polymer Electrolytes
ESD	Expatriate Services Division
CB	Carbon Black
PPS	Polyphenylene Sulfide
PVDF	Polyvinylidene Fluoride
JAS	Jabatan Tenaga Amerika Syarikat
Cr	Chromium
Ni	Nickel
Mo	Molybdenum

SENARAI SINGKATAN

bt. %	Peratusan Berat
S/cm	Siemen/centimeter
MPa	Mega Pascal
cm	Centimeter
μA	Micron Ampere
$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	gram/centimeter ³
W/m	Watt Per Metre
$\mu\text{A cm}^{-2}$	Micro Ampere(s) Per Square Centimeter
μm	Micrometer
$^{\circ}\text{C}$	Suhu Celcius
$\Omega \text{ cm}^2$	Ohm Centimeter Square
nm	nanometer

BAB 1

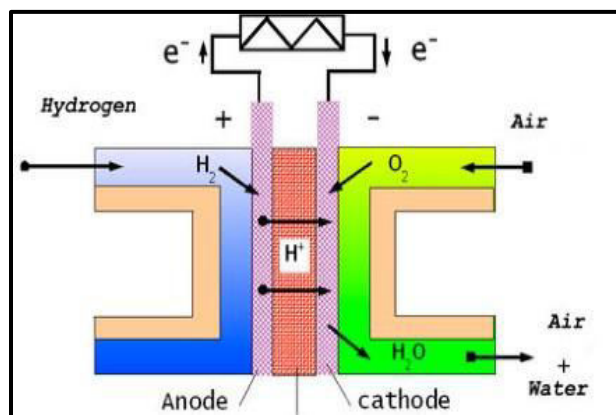
PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

PEMFC (*Proton Electrolyte Membrane Fuel Cell*) adalah salah satu sumber kuasa yang paling berpotensi sebagai sumber kuasa mudah alih dalam industri automotif kerana ciri-ciri yang menarik seperti kepadatan tinggi kuasa, suhu operasi yang rendah, bekalan bahan api mudah, masa hayat dan transformasi mesra alam [1]. PEMFC menghasilkan tenaga dengan menukarkan tenaga kimia kepada tenaga elektrik melalui tindak balas elektrokimia.

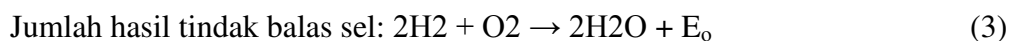
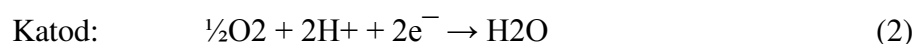
PEMFC dibina daripada gabungan beberapa komponen iaitu Elektrolit Himpunan Membran (MEA) termasuk membran, elektrolit dan penyebaran gas lapisan dan plat dwi kutub. Salah satu komponen yang paling penting dalam sel-sel bahan api adalah plat dwi kutub. Plat dwi kutub adalah komponen yang amat penting dalam sistem ini kerana beratnya biasanya sampai 60-90% daripada jumlah berat tindungan dan kosnya adalah

sehingga 30-60% daripada jumlah kos [3]. Rajah 1.1 menunjukkan prinsip kerja sel bahan api. Sel bahan api umumnya beroperasi pada gas hidrogen dan oksigen. Larutan kalium hidroksida dalam air digunakan sebagai elektrolit. Gas hidrogen pada anod bertindak balas dengan ion OH⁻ untuk menghasilkan air dan elektron. Elektron yang dihasilkan di anod menjalankan beban yang disambungkan pada luar litar dan berpindah ke arah katod.



Rajah 1.1: Sel bahan api

Ia juga memisahkan gas antara sel-sel dan menyediakan medium konduktif antara anod dan katod, menyediakan saluran untuk bidang aliran gas reaksi dan pemindahan haba daripada sel.



Tiga jenis bahan yang biasa digunakan dalam pembuatan plat dwi kutub termasuk plat logam, plat grafit tulen dan komposit polimer. Plat dwi kutub logam seperti keluli tahan karat menunjukkan kestabilan mekanikal yang baik serta konduktiviti elektrik dan haba yang tinggi. Kelemahan utama plat logam adalah kecenderungannya kepada pengaratan. Bagi grafit tulen pula ianya mempunyai rintangan pengaratan yang sangat baik dan rintangan elektrik yang rendah. Kelemahan plat jenis ini adalah sifat mekanikal

yang rendah, keliangan dan kos pembuatan yang tinggi. Oleh itu, untuk menyelesaikan masalah yang dinyatakan sebelum ini, penggunaan bahan komposit berasaskan grafit/polimer merupakan sebagai pilihan yang menarik bagi pembuatan plat dwi kutub dalam PEMFC.

1.2 OBJEKTIF

Penyelidikan yang dijalankan adalah untuk menghasilkan bahan komposit Grafit (Gr)/Polipropilena (PP) ditambahkan bahan Keluli Tahan Karat (SS). Komposit Gr/SS/PP dihasilkan dengan menggunakan Gr sebagai bahan pengisi utama, SS sebagai pengisi kedua dan PP sebagai pengikat. Kesan penggunaan bahan-bahan tersebut dinilai daripada nisbah peratusan berat komposit.

Oleh itu antara objektif yang dinilai untuk mencapai kajian ini :

1. Untuk mengkaji kesan bebanan SS pada ciri-ciri komposit Gr/SS/ PP.
2. Untuk menentukan beban kritikal SS daripada komposit Gr / SS/ PP.

1.3 PERNYATAAN MASALAH

Di dalam kajian ini, plat dwi kutub dalam PEMFC (Proton Electrolyte Membrane Fuel Cell) kebanyakannya dibuat daripada Gr tulen sebagai bahan plat kerana mempunyai sifat kestabilan kimia yang sangat baik, tahan karat serta kesan pencemaran persekitaran yang rendah. Tetapi kelemahan plat Gr tulen mempunyai konduktiviti yang rendah, kos fabrikasi yang tinggi, kesukaran untuk pemesinan saluran aliran, keliangan dan kekuatan mekanikal yang rendah (kerapuhan) [2-4]. Ramai penyelidik telah menggunakan pelbagai jenis bahan pengalir antaranya karbon hitam, serat karbon dan karbon nanotiub serta kaedah-kaedah fabrikasi yang berbeza untuk memperolehi plat yang bercekapan tinggi, murah dan ringan. Penggunaan Gr dalam bentuk serbuk sebagai bahan pengisi utama, SS sebagai bahan pengisi kedua untuk memberikan kekuatan yang lebih baik serta kekonduksian yang tinggi [5] serta PP sebagai pengikat. Sementara itu,