TUGAS AKHIR

PENGARUH PELAPISAN *GRAPHITE* PADA PELAT *STAINLESS STEEL* MENGGUNAKAN METODE *COMPRESSION MOLDING* SEBAGAI PELAT *CONDUCTING* PADA *FUEL CELL*

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Riau

Disusun Oleh:

DEDY RUDIANTO

16.331.0699

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2022

Dokumen ini adalah Arsip Milik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

HALAMAN PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

PENGARUH PELAPISAN *GRAPHITE* PADA PELAT *STAINLESS STEEL* MENGGUNAKAN METODE *COMPRESSION MOLDING* SEBAGAI PELAT *CONDUCTING* PADA *FUEL CELL*

Disusun Oleh :

DEDY RUDIANTO
163310699

Disetujui Oleh :

Dr. DEDIKARNI, S.T., M.Sc
Dosen Pembimbing

Tanggal : 1/3-2021

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PENGARUH PELAPISAN *GRAPHITE* PADA PELAT *STAINLESS STEEL* MENGGUNAKAN METODE *COMPRESSION MOLDING* SEBAGAI PELAT *CONDUCTING* PADA *FUEL CELL*

Disusun Oleh :

DEDY RUDIANTO
163310699

Disahkan Oleh :

MENGETAHUI	PEMBIMBING
Ketua Prodi Teknik Mesin	
JHONNI RAHMAN, B.Eng., M.Eng., Ph.D	**Dr. DEDIKARNI, S.T., M.Sc**
NIDN : 1009038504	**NIDN : 1005047603**

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : Dedy Rudianto
NPM : 16.331.0699
PROGRAM STUDI : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa penelitian yang saya lakukan untuk Tugas Akhir dengan judul "**Pengaruh Pelapisan *Graphite* Pada Pelat *Stainless Steel* Menggunakan Metode *Compression Molding* Sebagai Pelat *Conducting* Pada *Fuel Cell***" yang diajukan guna melengkapi syarat untuk mendapatkan gelar sarjana Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Islam Riau adalah merupakan hasil penelitian dan karya ilmiah saya sendiri dengam bantuan dosen pembimbing dan bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari tugas akhir yang telah dipublikasikan atau pernah digunakan untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas Islam Riau (UIR) maupun Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali pada bagian sumber informasinya telah dicantumkan sebagaimana mestinya.

Apabila di kemudian hari ada yang merasa dirugikan dan atau menuntut karena penelitian ini menggunakan sebagian hasil tulisan atau karya orang lain tanpa mencantumkan nama penulis yang bersangkutan, atau terbukti karya ilmiah ini **bukan** karya saya sendiri atau **plagiat** hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Pekanbaru, 28 Januari 2022

METERAI TEMPEL
F84BDAJX702553912

Dedy Rudianto
16.331.0699

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

PENGARUH PELAPISAN *GRAPHITE* PADA PELAT *STAINLESS STEEL* MENGGUNAKAN METODE *COMPRESSION MOLDING* SEBAGAI PELAT *CONDUCTING* PADA *FUEL CELL*

Nama Mahasiswa : Dedy Rudianto
Npm : 163310699
Jurusan : Teknik Mein FT-UIR
Dosen pembimbing : Dr. Dedikarni, S.T., M.Sc

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

ABSTRAK

Bahan bakar fosil merupakan salah satu sumber energi yang saat ini masih banyak dipergunakan didunia. Namun ketersediaan bahan bakar fosil didunia semakin menipis, hal ini disebabkan bahan bakar fosil merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Sel bahan bakar merupakan alat konversi elektrokimia yang dapat menghasilkan suatu energi dari hasil reaksi antara hidrogen dan oksigen. Suatu rangkaiyan *fuel cell* memiliki dua elektroda yaitu elektroda positif sebagai katoda dan elektroda negatif sebagai anoda. Pelat bipolar merupakan salah satu komponen panting dalam *fuel cell* sebagai penentu performa menghasilkan energi. Dalam proses fabrikasinya, masalah yang sering terjadi ialah ketidak sesuaian dimensi dan kegagalan serta kerusakan pada pelat bipolar tersebut. Maka pengembangan pelat bipolar yang efisien untuk pembuatan PEMFC dimasa mendatang karena selama ini bahan yang digunakan hanyalah *grafhite* yang mudah getas. Penelitian ini dilakukan untuk dapat mengetahui pengaruh ketebalan pelapisan *grafhite* pada pelat *stainless steel* menggunakan metode *compression molding* sebagai pelat conducting pada *fuel cell* tujuanya ialah membandingkan nilai kekerasan permukaan yang di hasilkan dari pengambilan data terhadap konductivitas listrik, microstruktur serta kekuatan bending pelat conducting yang diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengembangan pelat bipolar kedepanya. Dari setiap sampel Pelat *Conducting* dengan komposisi Karbon Grafit 60% - Resin Epoxy 40%, Karbon Grafit 70% - Resin Epoxy 30% dan Karbon Grafit 80% - Resin Epoxy 20% (fraksi volume) diperoleh melalui cold pressing compression pada tekanan enam (6) ton. Dari hasil penelitian ini diperoleh bahwa nilai konduktivitas listrik yang tinggi pada sampel tiga (3) dengan perbandingan komposisi Karbon Grafit 80%:Resin Epoxy 20% dengan nilai 100 $S.cm^{-1}$ dan sampel yang memiliki kekuatan bending menurut standar DOE itu didapatkan pada sempel ke tiga memiliki nilai kekuatan bending diatas standar yaitu 21,9 MPa.

Kata kunci : Energi Fosil, *Fuel Cell*, Pelat Bipoar, *Grafhite*, *Compressions Molding.*

EFFECT OF GRAPHITE COATING ON STAINLESS STEEL PLATE USING COMPRESSION MOLDING METHOD AS CONDUCTING PLATE IN FUEL CELL

Nama Mahasiswa : Dedy Rudianto
Npm : 163310699
Jurusan : Teknik Mein FT-UIR
Dosen pembimbing : Dr. Dedikarni, S.T., M.Sc

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

ABSTRACT

Fossil fuels are one of the most widely used energy sources in the world. However, the availability of fossil fuels in the world is running low, this is because fossil fuels are non-renewable natural resources. A fuel cell is an electrochemical conversion device that can produce energy from the reaction between hydrogen and oxygen. A fuel cell circuit has two electrodes, namely the positive electrode as the cathode and the negative electrode as the anode. Bipolar plate is one of the important components in the fuel cell as a determinant of performance to produce energy. In the fabrication process, problems that often occur are dimensional mismatches and failure and damage to the bipolar plate. So the development of efficient bipolar plates for the manufacture of PEMFCs in the future because so far the only material used is graphhite which is easily brittle. This study was conducted to determine the effect of the thickness of the graphite coating on stainless steel plates using the compression molding method as a conducting plate on a fuel cell. reference in the development of bipolar plates in the future. From each sample of the Conducting Plate with the composition of 60% Graphite Carbon - 40% Epoxy Resin, 70% Graphite Carbon - 30% Epoxy Resin and 80% Graphite Carbon - 20% Epoxy Resin (volume fraction) obtained by cold pressing compression at a pressure of six (6) tons. From the results of this study, it was found that the high electrical conductivity value in sample three (3) with a composition ratio of 80% Carbon Graphite: 20% Epoxy Resin with a value of 100 S.cm-1 and samples that had bending strength according to DOE standards were obtained in the sample. the third has a bending strength value above the standard which is 21.9 MPa.

Keywords: Fossil Energy, Fuel Cell, Bipoar Plate, Graphite, Compressions Molding.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr Wb

Puji dan syukur kepada Allah SWT, atas segala limpahan rahmat dan karunia serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi yang berjudul "**PENGARUH PELAPISAN *GRAPHITE* PADA PELAT STAINLESS STELL MENGGUNAKAN METODE *COMPRESSION MOLDING* SEBAGAI PELAT *CONDUCTING* PADA *FUEL CELL***" dengan baik sebagai syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Strata 1 (S1) Teknik Mesin. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Kedua Orangtua penulis bapak Tarim dan ibunda Syafrida Anim yang tidak henti-hentinya membantu baik do'a maupaun materi.
2. Bapak Dr. Eng. Muslim, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
3. Bapak Jhonni Rahman, B.Eng., M.Eng., PhD. selaku Kepala Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
4. Bapak Rafil Arizona, S.T., M.Eng. selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
5. Bapak Dr. Dedikarni, ST., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing dalam penyelesaian proposal tugas akhir ini.
6. Kepada seluruh dosen Program Studi Teknik Mesin yang telah menuangkan ilmunya kepada saya.
7. Teman-teman seperjuangan teknik mesin yang sudah membantu saya dalam menyelesaikan proposal tugas akhir ini.

Akhir kata, dengan segala penuh harapan semoga proposal tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk kita semua.

Pekanbaru, 28 Januari 2022

Dedy Rudianto
163310699

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR iii
DAFTAR ISI iv
DAFTAR GAMBAR vi
DAFTAR TABEL viii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.6 Sistematika Penulisan 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1 Sel Bahan Bakar 6
2.1.1 Komponen Utama Sel Bahan Bakar *(Fuel Cell)* 8
2.1.2 Jenis-Jenis Sel Bahan Bakar (*Fuel Cell*) 10
2.2 PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cell) 15
2.3 Pelat Bipolar 18
2.3.1 Klasifikasi Pelat Bipolar 19
2.4 Material Komposit 22
2.5 Pelat Bipolar Komposit 25
2.6 Logam 26
2.6.1 Jenis Jenis Logam 26
2.7 Stainless Steel 27
2.8 Grafit 28
2.9 *Copression molding* 31
2.9.1 Kelebihan Dan Kekurangan Metode *Compression Molding* 32
2.10 Ketebalan Pelapisan 32
2.11 Konduktivitas Listrik 33
2.12 Pengujian kekuatan bending 33
2.13 Pengamatan Struktur Micro 34
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 35
3.1 Diagram Alir 35
3.2 Waktu Dan Tempat 37

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

3.3 Alat Dan Bahan 37
3.3.1 Alat 37
3.3.2 Bahan 42
3.4 Metode Penelitian 44
3.4.2 Preparasi Spesimen Uji 45
3.4.3 Penimbangan Bahan Uji 45
3.5 Prosedur Pengujian 46
3.5.1 Pengujian Konduktivitas Listrik 46
3.5.2 Pengamatan Struktur *Micro* 47
3.5.3 Pengujian Kekuatan Bending 48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 49
4.1 Hasil Penelitian Pelat *Conducting Composite* 49
4.2 Hasil Pengujian Konduktivitas Listrik 50
4.3 Hasil Pengamatan Micro Struktur 54
4.4 Hasil Pengujian Bending/Flexural 58
4.5 Perbanmdingan Antara Hasil Penelitian Sebelumnya 62
4.6 Perbandingan Karateristik *Pelat Metal Conducting Polymer Composite* Dengan variasi Penambahan Karbon Grafit 64
BAB V PENUTUP 66
5.1 Kesimpulan 66
5.2 Saran 66
DAFTAR PUSTAKA 67

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pinsip kerja sel bahan bakar (*fuel cell*)..... 7
Gambar 2.2 Komponen utama sel bahan bakar (*fuel cell*) 9
Gambar 2.3 Skema cara kerja PEMFC (*Proton Exchange Membrane Fuel Cell*) 10
Gambar 2.4 Skema prinsip kerja AFC (*Alkaline Fuel Cell*) 11
Gambar 2.5 Skema prinsip kerja MCFC (*Molten Carbonate Fuell Cell*)..... 12
Gambar 2.6 Skema prinsip kerja PAFC (*Phosphoric Acid Fuel Cell*)..... 12
Gambar 2.7 Skema cara kerja SOFC (*Solid Oxide Fuel Cell*)..... 13
Gambar 2.8 Skema prinsip kerja DMFC (*Direct Methanol Fuel Cell*) 13
Gambar 2.9 Prinsip kerja PEMFC (*proton exchange membrane fuel cell*) 15
Gambar 2.10 Susunan rangkaiyan PEMFC 16
Gambar 2.11 Bipolar pelat..... 19
Gambar 2.12 Parameter bahan pengisi komposit..... 24
Gambar 2.13 Fenomena yang terjadi antara fasa dan antar muka pada komposit 25
Gambar 2.14 Pengaruh penambahan grafit terhadap konduktivitas listrik 29
Gambar 2.15 Struktur krista pada grafit..... 30
Gambar 2.16 Pergerakan partikel proses elektroforesis..... 31
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian 35
Gambar 3.2 Jangka Sorong 37
Gambar 3.3 Timbangan Digital 38
Gambar 3.4 Gelas Ukur 38
Gambar 3.5 Gerinda Potong 39
Gambar 3.6 Penggaris 39
Gambar 3.7 *Stopwacth* 39
Gambar 3.8 Kertas Pasir/Amplas..... 40
Gambar 3.9 Sarung Tangan 40
Gambar 3.10 Kain Lap..... 40
Gambar 3.11 Sendok Pengaduk..... 41
Gambar 3.12 Alat Uji Konduktivitas Listrik 47

Gambar 4. 1 Pelat *Metal Conducting Polymer Composite* Dengan Komposisi Campuran Karbon Grafit 60% Dan Resin Epoxy 40%. 49
Gambar 4. 2 Pelat *Metal Conducting Polymer Composite* Dengan Komposisi Campuran Karbon Grafit 70% dan Resin Epoxy 40%. 49

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Gambar 4. 3 Pelat *Metal Conducting Polymer Composite* Dengan Komposisi Campuran Karbon Grafit 80% dan Resin Epoxy 20%. 50
Gambar 4. 4 Grafik konduktansi Terhadap Campuran Komposisi 53
Gambar 4. 5 Grafrik Konduktivitas Listrik Terhadap Campuran Komposisi Karbon Grafit(KG) Dan Resin Epoxy(RE) 53
Gambar 4. 6 Topografi Permukaan Dengan Perbandingan Karbon Grafit 60% Dan Resin Epoxy 40%. 54
Gambar 4. 7 Topografi Pelapisan Dengan Perbandingan Karbon Grafit 60% Dan Resin Epoxy 40% 55
Gambar 4. 8 Topografi Permukaan Dengan Perbandingan Karbon Grafit 70% Dan Resin Epoxy 30%. 56
Gambar 4. 9 Topografi Pelapisan Dengan Perbandingan Karbon Grafit 70% Dan Resin Epoxy 30% 56
Gambar 4. 10 Topografi Permukaan Dengan Perbandingan Karbon Grafit 80% Dan Resin Epoxy 20%. 57
Gambar 4. 11Topografi Pelapisan Dengan Perbandingan Karbon Grafit 80% Dan Resin Epoxy 20% 58
Gambar 4. 12 Grafik Hasil Uji Bending 59
Gambar 4. 13 Grafik Perbandingan Konduktivitas Listrik Antara Hasil Penelitian Dengan Spesifikasi Pelat *stainless stell* 61
Gambar 4. 14 Grafik Perbandingan Kekuatan Bending Antara Hasil Penelitian Dengan Spesifikasi Pelat *stainless stell* 62
Gambar 4. 15 Grafik Penelitian Sebelumnya Dengan Penelitian Perbandingan Konduktivitas Listrik 64
Gambar 4. 16 grafik perbandingan bending/flexural 64

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik sel bahan bakar (*fuel cell*) 14
Tabel 2. 2 Komponen utama material serta fungsin PEMFU 17
Tabel 2.3 Karakteristik Keutungan Dan Kerugian Dari Perbandingan Material Plat Bipolar. 21
Tabel 2.4 Target Teknis *Depertemen Of Energy*, Usa Untuk Karakteristik Bipolar Pelat. 22

Tabel 3.1 Konduktifitas listrik pada pelat *metal conducting polymer composite*. 47
Tabel 3.2 Ketahanan material pelat *metal conducting polymer composite* dalam menahan beban. 48

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Koduktivitas Listrik Tanpa Hambatan Dimensi 50
Tabel 4. 2 Nilai Konduktivitas Listrik Dengan Hambatan Dimensi 52
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Bending/Flexural 59
Tabel 4. 4 perbandingan antara hasil penelitian dengan spesifikasi *stainless steel* 60
Tabel 4. 5 Perbandingan Antara Penelitian Dengan Penelitian Sebelumnya 62
Tabel 4. 6 Perbandingan Karateristik Pelat *Metal Conducting Polymer Composite* Dengan Bariasi Penambahan Karbon Grafit 64

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bahan bakar fosil merupakan salah satu sumber energi yang saat ini masih banyak dipergunakan didunia. Namun ketersediaan bahan bakar fosil didunia semakin menipis, hal ini disebabkan bahan bakar fosil merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Jika keadaan tersebut dibiarkan terus-menerus tanpa adanya pengganti energi alternatif maka akan mempercepat terjadinya krisis energi. Maka usaha manusia untuk menemukan energi terbarukan yang ramah lingkungan dan penyediaanya sangat banyak ditemukan dalam kehidupan manusia terutama energi yang dapat di perbaharui.

Sel bahan bakar atau *fuel cell* merupakan alat konversi elektrokimia yang dapat menghasilkan suatu energi dari hasil reaksi antara hidrogen dan oksigen. Sel bahan bakar dapat dibedakan menjadi beberapa jenis diantaranya *proton exchange membrane fuel cell* (PEMFC). PEMFC merupakan jenis *fuel cell* yang menggunakan membran elektrolit berbahan polimer yang menggunakan bahan bakar hydrogen yang diumpankan keanoda dan oksigen ke katoda (March, 2013). Cara kerjanya hampir mirip dengan batrai, tetapi *fuel cell* tidak memerlukan pengisian ulang dikarenakan *fuel cell* untuk menghasilkan listrik atau energi hanya memerlukan bahan bakar seperti oksigen dan hihrogen sesuai kebutuhan yang telah ditetapkan. Maka *fuel cell* merupakan salah satu jalan keluar dari kekurangan bahan bakar fosil, sehingga untuk kedepanya energi *fuel cell* ini dapat di kembangkan (Suhada, 2001). Sel bahan bakar atau *fuel cell* di defenisikan sebagai sel-sel listrik yang dapat menyimpan energi listrik terus menerus sehingga dapat menyimpan daya listrik berkelanjutan tanpa batas waktu.

Pelat *conducting* atau pelat bipolar merupakan bagian terpenting dari sel bahan bakar membran elektrolit polimer (PEMFC). Pada umumnya bahan yang digunakan untuk membuat pelat konduktor atau pelat bipolar adalah grafit karena

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

sifatnya yang menarik seperti untuk ketahanan korosi yang sangat baik dan konduktivitas listrik yang cukup tinggi.

Grafit merupakan suatu inti dari karbon yang merupakan konduktor listrik yang sering di pergunakan sebagai elektroda. Grafit mempunyai sifat atau kelebihan yang ringan dan ekonomis, bahan grafit mudah didapat dan murah. Grafit juga merupakan bahan penghantar listrik yang cukup baik. Tetapi grafit juga memiliki sifat yang getas (Fitri, 2015).

Stainless steel ialah suatu material logam paduan antara besi, karbon serta chromium, dengan kandungan chromium minimum 10,5%. Chromium ini menghasilkan lapisan tipis oksida terhadap permukaan baja yang dikenal sebagain lapisan pasif. Lapisan pasif ini mencegah terjadinya korosi lebih lanjut pada permukaan. *Stainless steel* juga dapat berfungsi sebagai penghantar listrik atau panas yang cukup baik, meskipun tidak sebaik logam paduan lainya seperti tembaga serta alumunium. Konduktivitas listrik adalah kemampuan suatu bahan atau material yang dapat menghantarkan arus listrik dengan baik. Jika nilai konduktifitas semakain tinggi maka semakin besar sifat daya hantar listriknya juga semakin tinggi (Manalu, 2014).

Untuk dapat menghantar listrik dengan baik dan stabil dalam pembuatan pelat bipolar maka *stainless steel* harus dilapisi dengan grafit. Karena jika tidak dilapisi dengan grhafit konduktivis listrik yang di hasilkan lebih besar dari setandar pembuatan pelat bipolar sehingga jika di pergunakan tanpa ada pelapisan maka akan terjadinya konsleting atau kelebihan konduktivitas sehingga pelat bipolar tidak stabil dan efektif dipergunakan. Oleh karena itu digunakan pelapisan *stainless steel* dengan grahfit menggunakan metode *compression molding*. Metode *compression molding* merupakan metode pelapisan yang relatif mudah dibandingkan dengan metode lainya, teknik deposisi pada metode ini menggunakan prinsip penekanan dengan beban tertentu.

Ketebalan suatu pelapisan merupakan hal penting bagi suatu pelat *conducting*, karena untuk menentukan nilai ketebalan yang efektif dalam suatu

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

pelat *conducting* yang baik membutuhkan lapisan yang sesui dengan ketentuan dalam pembuatan pelat bipolar.

Dalam pembuatan pelat bipolar harus diperhatikan juga struktur dari suatu pembuatan pelat *conducting*. Karena struktur bisa mempengaruhi standart dari pembuatan pelat bipolar (BPs). Konduktivitas listrik yang baik merupakan hal yang penting dalam pembuatan pelat *conducting* atau pelat bipolar (BPs) karena dalam pengaplikasiannya harus mengacu pada standart yang telah ditentukan. Kekerasan permukaan material yang akan dijadikan suatu komponen harus memiliki nilai kekerasan tertentu agar dapat digunakan sesuai dengan fungsi komponennya (Dimas, 2015).

Dari latar belakang diatas maka penelitian yang akan di lakukan adalah pengaruh pelapisan grafit pada pelat *stainless steel* menggunakan metode *compression molding* sebagai pelat *conducting* polimer komposit pada *fuel cell*.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang tersebut, maka rumusan masalahnya adalah:

1. Bagaimana membuat pelat *metal conducting polymer composite* dengan metode *compression molding* ?
2. Bagaimana Pengaruh komposisi campuran karbon grafit dan pengikat resin epoxy dengan matriks pelat *Stainless steel* terhadap konduktivitas listrik, mikrostruktur, dan kekuatan bending ?
3. Berapa perbandingan komposisi yang optimum dalam pembuatan pelat *metal conducting polymer composite* ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk membuat pelat logam *conducting* dengan meggunakan metode *compression molding*.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

2. Untuk mendapatkan pengaruh ketebalan pelapisan grhafit pada pelat *stainless steel* terhadap konduktivitas listrik sebagai pelat *conducting.*
3. Untuk mengetahui kekerasan pelat logam *conducting* yang telah dilapisi menggunakan metode *compression molding* terhadap ketebalan lapisan.

1.4 Batasan Masalah

Perlu diberi batasan dan asumsi penelitian dengan tujuan adanya batas lingkup penelitian dan penyederhanaan dari kondisi real yang akan di jadikan acuan penelitian.

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Material yang akan dilapisi adalah Aluminium.
2. Bahan pelapis yang digunakan adalah *graphite*.
3. Bahan pengikat yang digunakan adalah resin epoxy.
4. Variasi komposisi campuran grafit 60%, 70% dan 80%.
5. Pengujian yang dilakukan dengan menggunakan alat uji konduktivitas listrik, mikrostruktur, dan uji kekuatan bending.

1.5 Manfaat Penelitian

Dalam peneliatian ini manfaat yang diharap ialah

1. Sebagai informasi cara membuatan pelat logam *conducting* dengan menggunakan metode *compression molding.*
2. Sebagai dasar acuan dalam perkembangan pelat bipolar pada *fuel cell* nantinya.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan laporan skripsi ini terdiri dari beberapa bab pokok, setelah itu diuraikan masing-masing sub bab. Dalam penulisan tugas akhir ini terdiri dari lima bab yaitu:

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

BAB I : PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, Rumusan masalah, Tujuan, Batasan masalah, Manfaat Penelitia dan Sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Menjelaskan tentang sel bahan bakar, PEMFC (*proton exagon membran fuel cell*), pelat bipolar, material komposit, pelat bipolar komposit, logam, *stainless stell*, grafit, metode *compression molding*, ketebalan pelapisan, konduktivitas listrik, pengujian kekuatan bending, pengamatan struktur macro.

BAB III : METODOLOGI PENULISAN

Bab ini menjelaskan tentang metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah penelitian, metode pengambilan sempel, pengumpulan data, bahan-bahan pengujian yang diperlukan dalam melakukan proses pengerjaan.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang hasil penelitian dan pembahasan data hasil pengujian pada pengaruh pelapisan grafit terhadap pelat *stainless steel* terhadap konduktivitas listrik.

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan yang didapat pada saat penelitian dan saran yang di anggap perlu diketahui bagi pihak-pihak yang memerlukan.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sel Bahan Bakar

Sel bahan bakar (*fuel cell*) merupakan suatu alat konverter elektrokimia yang dapat menghasilkan listrik karena hasil dari reaksi antara hidrogen (H) dan oksigen (O_2). Pada umumnya sel bahan bakar (*fuel cell*) di gunakan sebagai alat pembangkit listrik yang ramah lingkungan. Untuk menghasilkan listrik sel bahan bakar (*fuel cell*) tidak ada proses pembakaran karena bahan yang digunakan adalah hidrogen dan oksigen, pada *fuel cell* akan menghasilkan reaksi oksidasi dan reduksi sehingga yang dihasilkan ialah air (H_2O).

Prinsip kerja *fuel cell* yaitu gas hidrogen yang akan di masukan ke dalam anoda sebagai katup negatif sedangkan pada sisi lain ada katoda sebagai katup positif terdapat gas oksigen. Kemudian hidrogen dibagi menjadi dua yaitu elektron dan proton (H^+) melalui reaksi kimia. Adapun reaksi kimia yang terjadi pada persamaan dibawah ini:

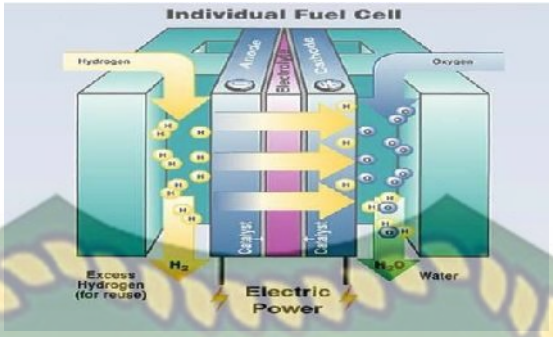
$$2H_2 \rightarrow 4H^+ + 4e^- \text{.....pers 2.1}$$

Pergerakan proton menuju katoda akan melewatin membran, sedangkan hidrogen yang terbentuk akan menghasilkan arus listrik. Sedangkan untuk oksigen pada katoda akan bereaksi dengan empat elektron dan ion H^+ hasil dari reaksi hidrogen pada anoda sehingga dapat membentuk air seperti reaksi yang ditulis pada persamaan dibawah ini:

$$O_2 + 4e^- + 4H^+ \rightarrow 2H_2O \text{.....pers 2.2}$$

Dari prinsip kerja sel bahan bakar (*fuel cell*) di atas maka reaksi elektrokimia dapat terlihat *fuel cell* merupakan alat konversi energi yang ramah lingkungan karena hasil dari gas buang yang dari perangkat ini ialah uap air.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 2.1 Pinsip kerja sel bahan bakar (*fuel cell*)

(Sumber : Aancastro 2020)

Komponen inti dari penyusunan sel bahan bakar (*fuel cell*) adalah anoda dan katoda yang dipisahkan oleh sebuah membran yang berbentuk dari lapisan tipis bersifat semipermeabel atau permeabel yang merupakan bahan konduktor proton. Pada sel bahan bakar (*fuel cell*) atau juga disebut PEM (*proton exhange membrane*) merupakan membran yang tipis atau bisa disebut sebagai penghalang bermuatan negatif kation atau proton. Sedangkan untuk anion tidak bisa melewati membran kerena disebabkan adanya gaya *coulombic* dalam membran (Spiegel, 2007).

Pada PEM (*proton exchange membrane*) mengalami kontak terhadap spesionik secara elektrostatis menarik ion positif dan menolak ion negatif muatan negatif yang terdapat pada membran tersebut mengapsorbsi ion positif (proton) akan tetapi menolak ion negatif (anion) yang sering disebut sebagai eksklusi Donnan. Hal ini disebabkan karena kesetimangan termodinamika (kesetimbangan Donnan) kesetimbangan donnan ialah perubahan partikel pada membran semipermeable yang saling berdekatan. Hal ini disebabkan ion yang bereda dalam larutan elektrolit dengan ion pada membran kemudian proton ditarik kembali dalam larutan anion sehingga dalam larutan tersebut kenetralan muatanya tetap terjaga. Hasil proton dapat diakumulasikan di sekitar area membran permukaan larutan sehingga potensial donnan menjadi meningkat secara efektif ketika sedang menarik proton kedalam membran (Spiegel, 2007).

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Kriteria PEM (*proton exchage membrane*) yang digunakan pada sel bahan bakar (*fuel cell*) herus mempunyai karakteristik sebagai berikut :

1. Mempunyai permeabilitas (metanol untuk DMFC) rendah(<5,6 x 10-6_5/cm).
2. Mempunyai konduktivitas proton yang tinggi(>0.08 S/cm).
3. Bisa digunakan untuk memisahkan bahan bakar (metanol ataupun hidrogen) dengan oksigen.
4. Mempunyai kestabilan mekanik dan termal yang baik khususnya ada (T>800C).
5. Mempunyai tingkat elektro 0-0,5 osmotik terhadap aliran air rendah.
6. Mempunyai resistansi yang tinggi terhadap oksidasi, reduksi dan hidrolisis.
7. Bisa mengadopsi bahan bakar.

Didalam suatu komponen *fuel cell* membran polielektrolit berperan sebagai pengatur difusi cairan dan menemukan besarnya konduktivitas proton melalui jumlah proton yang pergerakanya melewati membran dan anoda ke katoda (Penghambardoust, 2010).

Menurut (Carrete dkk, 2001) terdapat beberapa kelebihan penggunaan sel bahan bakar (*fuel cell*) ialah sebagai berikut :

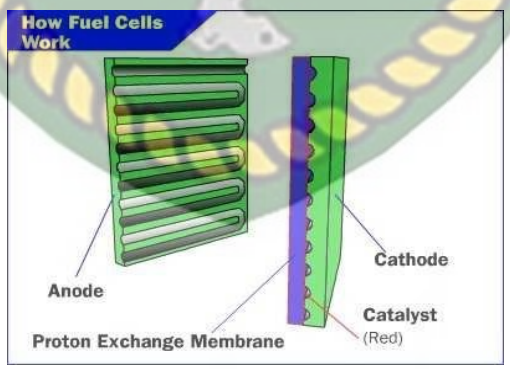
1. Mampu mengkonversikan enargi kimia menjadi energi listrik dengan efisiensi yang baik.
2. Tanpa melalui proses pembakaran
3. Sel bahan bakar tergolong ramah lingkungan dan tidak menimbulkan kebisingan ketika dalam pengoperasian.
4. Waktu yang diperlukan untuk kontruksi dan instalasi pembakaran listrik lebih pendek dibanding sistem pembakaran batu bara dan nuklir.

2.1.1 Komponen Utama Sel Bahan Bakar *(Fuel Cell)*

Beberapa komponen dasar yang terdapat pada sel bahan bakar (*fuel cell*) ya itu :

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

1. Anoda ialah suatu komponen yang berfungsi sebagai tempat bertemunya bahan bakar dengan elektrolit, sehingga anoda menjadi katalisator dalam reaksi reduksi bahan bakar dan kemudian menghasilkan elektron dari reaksi tersebut menuju rangkaian diluar sirkuit atau beban.
2. Katoda (*oxigen electroda*) ialah suatu komponen yang berfungsi sebagai tempat bertemunya oksigen dengan elektrolit sehingga menjadi ketalisator dalam suatu reaksi oksidasi oksigen kemudian mengalirkan elektron dari rangkaia diluar kembali kedalam sel bahan bakar (*fuel cell*), dalam hal ini sehingga katoda dapat menghasilkan air dan panas.
3. Elektrolit ialah suatu komponen yang fungsinya sebagai pengaliran ion yang merupakan bahan bakar berasal dari anoda menuju katoda. Jika ada elektron yang mengalir melewati elektrolit maka akan mengalami terjadinya konselting (*short circuit*), peranan gas yang fungsinya untuk pemisahan biasanya disediakan sekaligus oleh sistem elektrolit. Gas yang diatur kapasitasnya dengan tekanan yang disesuaikan. Katalis merupakan suatu material atau bahan khusus untuk mempercepat proses kimiawi atau reduksi-oksidasi. Pada PEMFC menggunakan bahan dari pelatina nanopartikel yang sangat tipis dan dilapisi dengan kertas karbon maupun kain.



Gambar 2.2 Komponen utama sel bahan bakar (*fuel cell*)
(Sumber : June, 2014)

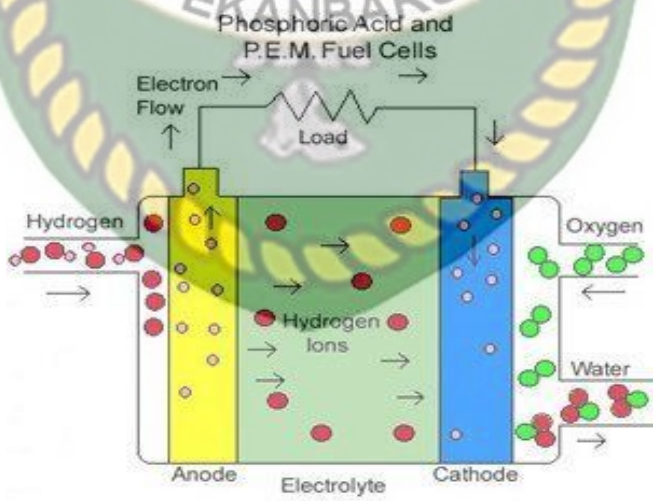
Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

2.1.2 Jenis-Jenis Sel Bahan Bakar (*Fuel Cell*)

Pada masa saat ini sudah dikenal 6 sel bahan bakar (*fuel cell*) yang memiliki perbedaan pada elektrolit yang digunakan serta kondisi operasi (suhu dan tekanan) sel bahan bakar (*fuel cell*) tersebut. Keenam sel bahan bakar tersebut yaitu PEMFC (*Proton Exchange Membrane Fuel Cell*), AFC (*Alkalin Fuel Cell*), MCFC (*Molten Carbon fuel Cell*), PAFC (*Posphoric Acid Fuel Cell*), SOFC (*Solid Oxide Fuel Cell*), DMFC/DEFC (*Direct Methanol-Ethanol Fuel Cell*) (Hasbiyalwahdi, 2013)

1. PEMFC (*Proton Exchange Membrane Fuel Cell*)

PEMFC (*Proton Exchange Membrane Fuel Cell*) mempunyai membran yang terbuat dari plastik tipis yang kedua sisinya dilapisi oleh platina. *Fuel cell* pada jenis ini sangatlah cocok dan sesuai untuk kendaraan karena bisa dan mampu beroperasi pada suhu yang rendah. Harganya sangat terjangkau relatif murah sehingga bisa diaplikasikan pada alat listrik, kamera video serta telepon seluler. PEMFC mempunyai kepadatan energi yang tinggi (*hight energy density*) (Hasbiyalwahdi, 2013).

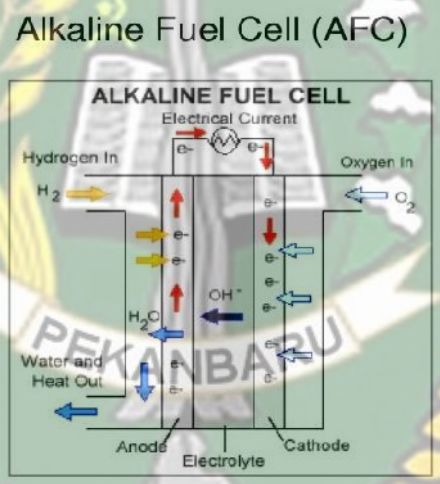


Gambar 2.3 Skema cara kerja PEMFC (*Proton Exchange Membrane Fuel Cell*)
(Sumber : Smithsonian, 2018)

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

2. AFC (*Alkaline Fuel Cell*)

AFC (*Alkaline Fuel Cell*) memiliki kepekaan terhadap zat-zat tertentu seperti CO2, CO, korosi dan produk oksidasi. Pada *fuel cell* jenis ini sering digunaka untuk menghasilkan energi yang dipakai pada program angkasa luar, *power station* menghasilkan energi listrik atau energi panas dan untuk kendaraan. AFC (*Alkaline Fuel Cell*) menggunakan *alkaline potassium*, hydrogen sebagai elektrolit, bisa menghasilkan efisiensi sampai 70%. *Fuel cell* jenis ini banyak dipergunakan oleh NASA untuk misi ulang-alik angkasa luar. Biayanya sangat relatif mahal, sehingga tidak dipergunakan untuk komersial (Hasbiyalwahdi, 2013).

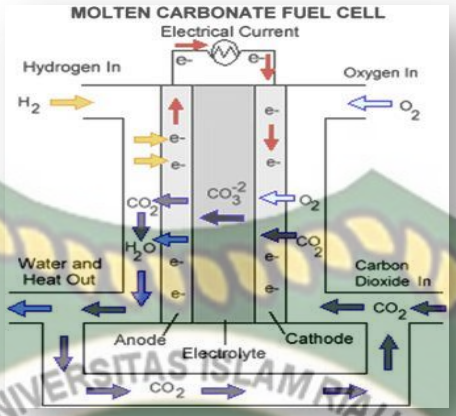


Gambar 2.4 Skema prinsip kerja AFC (*Alkaline Fuel Cell*)
(Sumber: Arschief, 2015)

3. MCFC (*Molten Carbonate Fuel Cell*)

MCFC (*Molten Carbonate Fuel Cell*) *fuel cell* jenis ini beroprasi pada suhu yang tinggi sehingga hanya bisa digunakan untuk keperluan industri. *Fuel cell* jenis ini juga bisa dipakai untuk menghasilkan energi yang besar, yaitu 10 KW dan 2 MW (Hasbiyalwahdi, 2013).

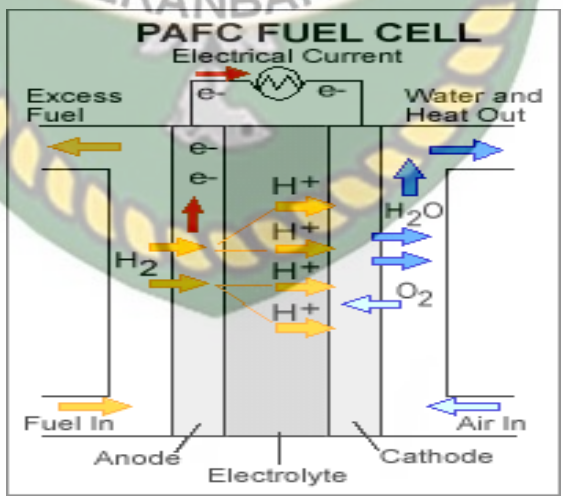
Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 2.5 Skema prinsip kerja MCFC (*Molten Carbonate Fuell Cell*)
(Sumber : Arschief, 2015)

4. PAFC (*Phosphoric Acid Fuel Cell*)

PAFC (*Phosphoric Acid Fuel Cell*) merupakan jenis sel bahan bakar yang menggunakan asam fosfat sebagai elektrolit. *Fuel cell* jenis ini banyak digunakan sebagai penghasil listrik dirumah sakit, hotel, perkantoran dan stasiun penghasil listrik (Hasbiyalwahdi, 2013).

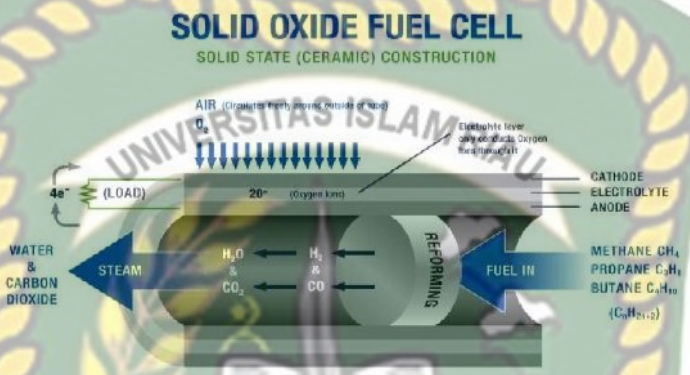


Gambar 2.6 Skema prinsip kerja PAFC (*Phosphoric Acid Fuel Cell*)
(Sumber : Arschief, 2015)

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

5. SOFC (*Solid Oxide Fuel Cell*)

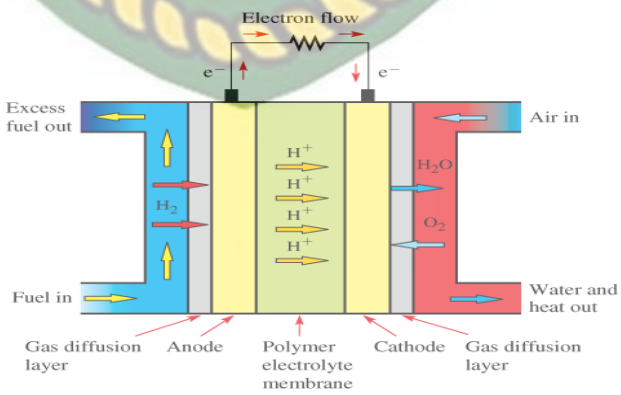
SOFC (*Solid Oxide Fuel Cell*) *fuel cell* jenis ini menggunakan bahan material dari keramik keras, memungkinkan untuk operasi suhu yang tinggi. *Fuel cell* jenis ini juga banyak digunakan untuk keperluan pembangkit tenaga listrik. Bentuk dari *fuel cell* ini menyerupai seperti tabung (Hasbiyalwahdi, 2013).



Gambar 2.7 Skema cara kerja SOFC (*Solid Oxide Fuel Cell*)
(Sumber: Arschief, 2015)

6. DMFC/DEFC (*Direct Methanol Fuel Cell/Direct Ethanol Fuel Cell*)

DMFC/DEFC (*Direct Methanol Fuel Cell/Direct Ethanol Fuel Cell*) *fuel cell* jenis ini mirip dengan PEMFC yaitu sama-sama menggunakan plastik polymer sebagai membran. Pada *fuel cell* jenis ini prinsip kerjanya yaitu hidrogen diambil langsung oleh katalisator anoda dari methanol cair (Hasbiyalwahdi, 2013).



Gambar 2.8 Skema prinsip kerja DMFC (*Direct Methanol Fuel Cell*)
(Sumber : Arschief, 2015)

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Dari penjelasan diatas dapat kita lihat karakterisrik dari jenis-jenis sel bahan bakar pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.1 Karakteristik sel bahan bakar (*fuel cell*)

	PEMFC	AFC	MCFC	PAFC	SOFC	DMFC/ DEFC
Primary application	*Automotive end stationory power*	*Space vehieles* and drinking water	*Stationnary* power	Stationary power	*Vehicele* auxiliary power	*Portable power*
Electrolyte	*Polymer (pelastik) membrane*	Concentrared (30-50%) KOH in H_2O	Molten carbonate retained in acramic matrix of $LiAIO_2$	Concentrated 100% phosphoric acid	Yurium-stailized zirkondioxide	*Polymer (pelastic) membrane*
Operating temperature range	50-100 ^oC	50-200 ^OC	600-700^OC	150-220^oC	700-1000^oC	0-60 ^oC
Charge carrier	H^+	OH^-	CO^-_3	H^+	O	H^+
Prime cell componen	*Carbone-baset*	*Carbone-based*	Stainless steel	Graphite-baset	ceramic	*Carbone-baset*
Catalyst	*Platinum*	Platinum	Nickel	Platinum	Perovskites	Pt-Pt/Ru
Primary fuel	H_2	H_2	H_2, CO, CH_4	H_2	H_2,CO	*Methanol*
Star-up time	*Sec-min*		Hours	Hours	Hours	*Sec-min*
Power Density (KW/m^3)	3,8-6,5	-1	0,1-1,5	0,8-1,9	0,1-1,5	-0,6
Combined cycle fuel cell emicincy	50-60%	50-60%	55-65%	55-65%	55-65%	30-40% (*no combined cycle*)

(Sumer: S, Basu, 2007)

Dari tabel diatas bisa kita lihat bahwa dari semua keenam jenis sel bahan bakar (*fuel cell*) masing-masing menggunakan sumber energi yang bereda sihingga menghasilkan emisi yang berbeda juga. Sehingga reaksi yang terjadi pada anoda dan katoda dari setiap masing-masing sel bahan bakar (*fuel cell*) tidak sama, sesuai bahan bakar yang digunakanya.

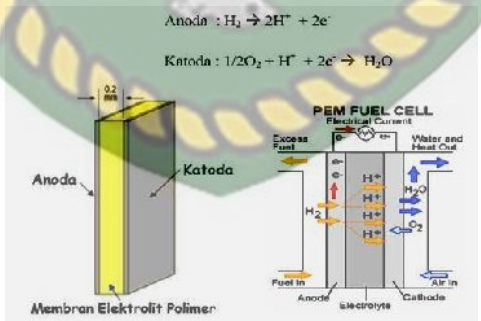
Maka dari itu dapat kita lihat dari semua keenam jenis sel bahan bakar (*fuel cell*) yang ada, pada jenis PEMFC mempunyai pengaplikasian yang cukup luas diantarany dapat diaplikasikan pada elektronik *portable*, *mobile*, *residential generations*, mobil, kapal, dan lain sebagainya. Hal ini dikarenakan PEMFE mempunyai jangkauan yang cukup luas untuk menghasilkan daya sebesar 1-100 KW, sehingga PEMFC dapat menjadi sumber energi listrik ramah lingkungan

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

yang menjanjikan dimasa yang mendatang untuk aplikasi stasioner dan trasportasi.

2.2 PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cell)

PEMFC (*proton exchange membrane fuel cell*) merupakan salah stau penghasil energi yang ramah linkungan yang sangat mejanjikan dan kini sedang dalam perkembanagn. PEMFC kini menjadi sumber alternatif sebagai *stasioner*, *automobile*, dan *portable power*. William Gubbs tahun 1995 ia mengatakan bahwa tanpa adanya asam yang kuat pada membran ini maka membran tersebut akan mampu memindahkan kation dan proton ke katoda. Keuntungn utama PEMFC ialah memiliki efisiensi sebesar 64%, densitas energi tinggi bila dibandingkan dengan baterai dan bisa bekerja menggunakan bahan bakar yang ramah linkungan sehingga tidak ada polusi yang dihasilkan. Sel bahan bakar ini biasanya bekerja didalam temperatur yang cukup rendah 30°C hingga 150°C, tetapi masih bisa menghasilkan energi yang leih dibandingkan dengan sel bahan bakar lainnya. PEMFC telah banyak mendapat pandangan dikarenakan episiensinya yang tinggi, dan beroperasi dengan baik, menggunakan bahan bakar yang dapat diperbaharui dan juga ramah lingkungan serta pemakainya juga dapat digunakan cukup lama (Wisojodharmo, 2012).



Gambar 2.9 Prinsip kerja PEMFC (*proton exchange membrane fuel cell*)
(Sumber : Andi dinataat, 2019)

Prinsip kerja dari sel bahan bakar (*fuel cell*) jenis PEMFC ini sangat sederhana yaitu hidrogen dan oksigen akan bereaksi membentuk energi listrik kemudian pada saat yang bersamaan juga membentuk air H_2O lalu panas sebagai hasil sampingan. Proses berawal dari masuknya gas hidrogen dengan bertekanan

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

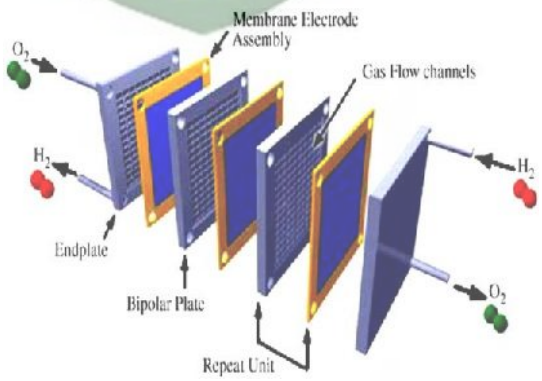
kedalam sisi anoda dari *fuel cell* lalu kemudian dialirkan melewati katalis memberikan tekanan, molekul H_2 akan pecah menjadi dua proton H^+ dan dua elektron e^- setelah bersentuhan dengan logam platina yang berfungsi sebagai katalis. Kemudian proton H^+ bergerak menuju katoda sampai menembus membran tipis berpori yang dibantu oleh adanya medan listrik pada membran, sedangkan untuk elektron yang terkondisi di anoda akan keluar melewati *external wire* karena terhalang oleh membran menuju sisi katoda dari *fuel cell* lalu dipergunakan ntuk menghasilkan energi listrik. Gas oksigen akan dialirkan melewati katalis dan membentuk dua atom oksigen dimna tiap-tiap tom memiliki satu pasang elektron dan menarik dua proton H^+ melewati membran sehingga akan bereaksi membentuk molekul air H_2O. Adapun reaksi yang terjadi pada PEMFC ialah dapat di tulis dibawah:

Anoda : $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$ .....pers 2.3

Katoda : $\frac{1}{2} O_2 + 2H + 2e^- \rightarrow H_2O$ .....pers 2.4

Reaksi berikutnya terjadi dalam *fuel cell* hanya tinggal menghasilkan 0,7 volts sehingga perlu dilakukan peningkatan dengan mengkombinasikan komponen-komponen yang terbentuk dalam suatu susunan *fuel cell*.

Didalam rangkaiyan PEMFC terdapat beberapa bagian yang terdiri dari *membrane elctrolyte assambly* (MEA) dengan lapisan katalis di kedua sisinya, lapisan difusi gas (GDL).



Gambar 2.10 Susunan rangkaiyan PEMFC
(Sumber : Zaki Azizi, 2009)

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Tabel 2. 2 Komponen utama material serta fungsin PEMFU

Komponen	Material	Fungsi
Membrane Electrilyte Assembly (MEA)	Polimer solid terimpregnasi dengan lapisan katalis pada anoda dan katoda. Kertas atau kain carbon berpori untuk lapisan difusi gas (GDL)	Terdiri dari dua elektroda, satu membran elektrolit,dan dua GDL. Membran memisahkan (dengan pembatas gas) lalumelepas proton dari anoda kekatoda. Lapisan katalis yang terdispersi pada elektroda memacu setiap setengah reaksi, GDL mendistribusikan gas secara rata menuju katalis dimembran, mengalirkan elektron dari area aktif menuju pelat bipolar dan membantu pengaturan air.
Pelat bipolar	Grafitr stainless stell, atau komposit polimer ter-moplastik.	Mendistri busikan gas dibagian area aktif membran. Mengalirkan elektron dari anoda ke katoda, membuang air keluar dari sel.
Pelat penutup	Material dengan kekuatan mekanik yang baik.	Menyatukan rangkaiyan *fuel cell*
Penyimpanan arus	Logam dengan kontrak elektrik dan konduktivitas yang baik (Cu).	Menyimpan dan mentrasfer arus listrik dari dalam menuju keluar sirkuit sistem *fuel cell*

(Sumber : Zaki Azizi, 2009)

Berikut ini keunggulan yang dimiliki PEMFC ialah :

a. PEMFC mempunyai elektrolit yang bisa memberikan ketahanan yang sangat baik terhadap gas.
b. Suhu operasi dari PEMFC yang rendah memungkinkan waktu star up yang cepat.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

c. PEMFC sangat cocok digunakan terutama untuk situasi dimna hidrogen murni dapat digunakan sebagai bahan bakar.
d. PEMFC bisa beroperasi sampai kondisi tekanan hingga 20,68 Mpa dan memiliki differensial tekanan hingga 3,45 Mpa.
e. Stack PEMFC cukup mudah disusun sehigga mudah untuk digunakan dalam berbagai aplikasi.
f. Kapasitas daya listrik yang dihasilkan oleh PEMFC cukup berpariasi.
g. PEMFC bisa beroprasi dengan rapat arus yang sangat tinggi dibandingkan dengan jenis *fuel cell* lainnya.

Secara umum biaya fabriaksinya cukup tinggi sehingga untuk dapat memproduksi PEMFC (*proton exchange membrane fuel cell*) menjadi terkendala untuk dapat diproduksi secara masal sebagai alat konversi energi yang alternatif. Oleh kerena itu, untuk mencari jalan keluarnya sangat diperlukan inofasi dan suatu terobosan dalam pembuata atau mendesain suatu proses fabrikasi dan pemilihan bahan material yang tepat melalui suatu penelitian, sehingga PEMFC dapat diproduksi dalam jumlah masal dan dengan harga cukup ekonomis. Sedangkan untuk keterbatasan yang dimiliki oleh PEMFC adalah:

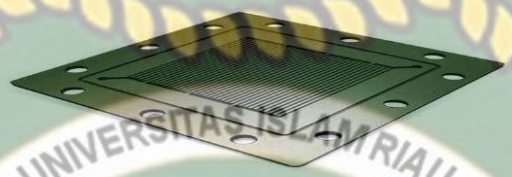
a. Pengolahan air (*water management*) yang merupakan salah satu tangtangan tersendiri dalam membuat dan mendesain PEMFC.
b. Pada PEMFC sangat sensitif terhadap kontaminasi oleh gas CO, sulfur dan amonia.
c. Kualitas panas yang dihasilkan oleh PEMFC rendah sehingga tidak dapat di gunkan secara efektif disemua tempat.

2.3 Pelat Bipolar

Pelat bipolar atau biasa disebut dengan *flow field plate* atau pelat separator. Pelat bipolar memiliki dua fungsi utama, yang pertama mengalirkan gas reaktan menuju *gas diffusion layer* melalui *flow channel* dan yang kedua yaitu mengalirkan electron dari anoda menuju katoda. Pelat ini biasanya dibuat dari bahan grafit, logam (alumunium, stainless steel, titanium, dan nikel), atau dapat juga dibuat dari komposit.Saluran alir gas dicetak pada permukaan pelat sebagai

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

tempat aliran gas-gas yang bereaksi. Pada pelatbipolar konvensial berkontribusi iyalah 80% volume, 70% berat, dan 60% biaya dari *fuel cell.* Oleh karena itu, diperlukan pelat bipolar yang murah, tipis, dan ringan. Sehingga dapat mengurangi bobot, volume, dan biaya untuk diproduksi pada *fuel cell*.



Gambar 2.11 Bipolar pelat
(Sumber : Fuelcellstore, 2018)

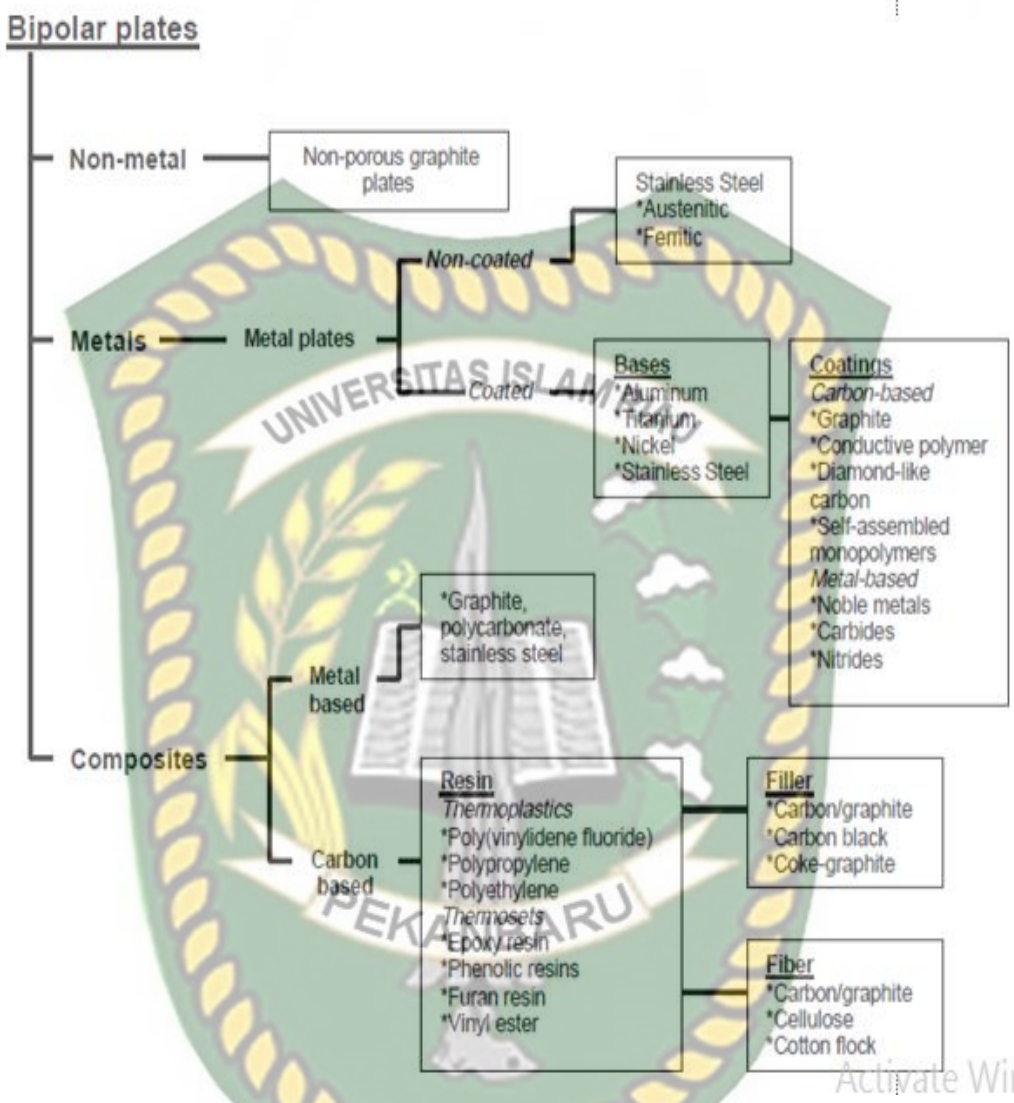
Untuk membuat suatu bipolar pelat ada beberapa sifat yang harus diperhatikan agar dapat memenuhi syarat, sifat tersebut ialah :

a. Memiliki konduktivitas listrik yang baik (<100S/cm)
b. Konduktivitas termal yang tinggi (<20W/cm)
c. Sabilitas mekanik terhadap gaya tekan
d. Material yang murah untuk diproduksi
e. Permeabilitas gas yang rendah
f. Berat yang cukup ringan
g. Volume yang kecil
h. Material yang dapat didaur ulang

2.3.1 Klasifikasi Pelat Bipolar

Pelat bipolar terbuat dari bermacam-macam bahan dasar material seperti non- logam, logam maupun komposit baik komposit berbasis karbon, polimer termoset dan polimer plastis. Adapun bahan penyusun dari plat bipolar dapat dilihat pada gambar berikut:

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



1. Non logam : non-*porous* grafit atau non elektrografit
2. Logam : pelapisan atau tanpa pelapisan
3. Komposit : polimer-komposit atau polimer-logam

Pada umumnya setiap bahan dasar material yang diguanakan sebagai susunan pelat bipolar difungsikan untuk sebuah aplikasi tertentu yang spesifik. Material tersebut mempunyai kelebihan dan kekurang tentunya karena satiap masing-masing yang menjadi bahan dasar berbeda pemanfaatanya.

Pada dasarnya perbedaan dari masing-masing bahan material dapat kita lihat sesui karakteristiknya, hal tersebut dapat kita liahat pada tabel 2.3.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Tabel 2.3 Karakteristik Keutungan Dan Kerugian Dari Perbandingan Material Plat Bipolar.

Material	Keuntungan	Kerugian
Grafite murni	Setabil Densitas rendah Ketahanan korosi bagus Resistansi kontak terhadap elektroda rendah	Tipis Sangat mahal Dan rapuh
Logam	Dapat didaur ualang Konduktivitas tinggi	Perlu pelapis Terbentuk lapisan oksida Mahal
Grafit komposit	Ketahanan terhadap korosi bagus	Konduktivitas rendah

(Sumber : Ziki Azizi, 2009)

Bipolar pelat pada PEMFC umumnya dibuat dengan bahan grafit murni. Karena material grafit mempunyai konduktivitas listrik yang tinggi dan tahan terhadap korosi. Namun disamping itu jika kita mengingat pada kendaraan trasportasi, pelat bipolar logam lebih tahan terhadap getaran serta guncangan yang dapat mengakibatkan retak serta mengalami kebocoran gas reaktan. Cunningham telah meneliti data bahwa konduktivitas listrik pelat bipolar logam dapat mencapai 1000 kali lipat konduktivitas listrik pelat bipolar komposit. Namun cacat signifikan yang dapat menurunkan kenerja pelat bipolar logam ialah rentang terhadap korosi dalam lingkungan lembab serta asam pada sel bahan bakar PEMFC. Logam yang memiliki pH 2-4 serta suhu 80°C yang beroperasi pada PEMFC dapat mengalami pelarutan ion ion yang tertimpa dapat meracuni unit elektroda membran sehingga dapat mengalami korosi pada pelat bipolar logam serta menurunkan keluaran daya sel bahan bakar, selanjutnya lapisan pasif yang terbentuk selama operasi meningkatkan resistivitas listrik pelat bipolar logam, akibatnya efisiensi sel bahan bakar juga dapat berpengaruh negatif karena peningkatan resistansi kontak antar muka seiring dengan berjalanya lapisan oksida efek ini mengimbangi keuntungan dari konduktivitas listrik yang tinggi.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Permasalahan yang diuraikan diatas dapat diminimalisir ataupun dapat dikurangi dengan cara melindungi pelat bipolar logam dari korosi dengan cara melapisi pelat bipolar tersebut. Ada beberapa metode pelapisan diantaranya yaitu metode elektroforesis, metode ini lebih mudah dibandingkan dengan metode lain nya. Ada beberapa target kebersihan dalam pengembangan bipolar pelat untuk PEMFC mengacu pada setandar US *Depertement Of Energy* (DOE). Seperti yang ditulis pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.4 Target Teknis *Depertemen Of Energy*, Usa Untuk Karakteristik Bipolar Pelat.

Karakteristik [unit]	**Setatus 2005**	**Target 2010**	**Target 2015**
Biaya [S/kW]	10	5	3
Bobot [kg/kW]	0,36	<0,4	<0.4
	$<2,6 \times 10^{-6}$	$<2,6 \times 10^{-6}$	$<2,6 \times 10^{-6}$
Korosi [uA/cm^2]	$<1^d$	$<1^d$	$<1^d$
Konduktivitas listrik [S/cm]	>600	>100	>100
Resistivitas [Ω.cm^2]	<0,02	0,01	0,01
	>34	>25	>25
Fleksiilitas [%at mid-span]	1,5 to 3,5	3 to 5	3 to 5

(Sumber : Yuhuwang, 2005)

2.4 Material Komposit

Material komposit ialah gabuangan suatu bentuk mikroskopis antara dua atau lebih material yang berbeda yang akan membentu suatu ikatan. Hal ini karena yang membedakan komposit dengan paduan, dimana paduan dilakukan penambahan dengan sekala mikroskopis. Kombinasi beberapa material komposit yang baik akan memberikan sifat-sifat yang lebih baik diantara material penyusunannya. Maka dari itu memproduksi komposit dapat mengoptimalkan sifat-sifat dari suatu material, seperti sifat mekanik (kekuatan), sifat kimia maupun fisik, optimalisasi sifat thermal (konduksi thermal, ekspansi thermal, titik leleh) sifat elektrik (konduktivitas listriknya) serta sifat optiknya. Komposit sangat

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

banyak digunakan tidak hanya pada aplikasi struktural, tetapi juga untuk aplikasi elektronik, thermal, serta aplikasi lainya yang sesui dengan kondisi lingkungan nya.

Komposit pada umumnya mempunyai dua komponen sebagai penyusun diantaranya ialah matriks dan penguat (*reinforcement*), matriks dan penguat harus mempunyai ikatan yang baik untuk menghasilkan sifat yang baik pula. Salain itu, matriks harus membentuk fasa terdispersi untuk meningkatkan kekuatan serta sifat-sifat nya. Fungsi matrik sebagai suatu material komposit ialah :

1. Sebagai pengikat suatu komponen dalam material komposit serta menentukan stabilitas terhadap temperatur beroperasi pada komposit.
2. Sebagai penguat dari keausan dan kontak terhadap lingkungan.
3. Sebagai media trasfer tegangan yang membantu mendistribusikan tegangan.
4. Sebagai ketangguhan serta kekuatan geser terhadap material komposit.
5. Sebagai pengatur orientasi dari penguat serta jarak pada struktur komposit.

Sedangkan untuk bahan penguat pada komposit berfungsi sebagai peningkat sifat dari material komposit yang dihasilkan serta memiliki kemampuan untuk ditempatkan pada arah pembebanan supaya dapat meningkatkan sifat mekanisnya. Berdasarkan jenis penguatnya material komposit terbagi menjadi beberapa bagian yaitu :

1. Material penyusun

Sifat suatu komposit dapat ditentukan dari material penyusunnya, matriks dalam penyusunan. Untuk matriks dalam penelitian ini ialah *stainless steel* tipe 304, sehingga sifat *stainless steel* akan menjadi sifat utama sebagai *pelat logam conducting polymer composite* atau bisa disebut juga dengan pelat bipolar yang akan dibuat nantinya. *Stainless steel* memiliki konduktivitas yang sangat baik. Sedangkan untuk bahan pengisinya ialah grafit, grafit mempunyai konduktivitas yang sangat baik grafit juga dapat menahan terjadinya korosi yang cukup baik.

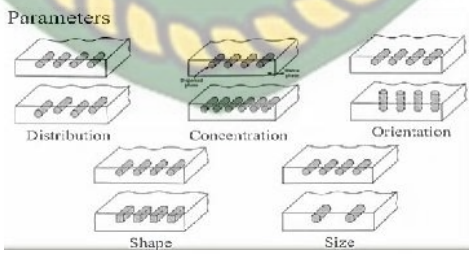
Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Tetapi grafit juga memiliki kekurangan yaitu mudah getas, sehingga perlu di padukan dengan bahan yang kuat serta memiki konduktivitas listrik yang baik juga contonya *stainless steel* , sehingga pada penelitian ini akan di buat pelat *logam conducting polymer composite* dengan bahan utamanya ialah grafit dan *stainless steel*, grafit di gunakan sebagai pelapis *stainless steel* menggunakan metode *electroforesis* sebagai pengembangan material energi kedepanya jumlah material yang digunakan.

Jumlah material yang akan digunakan sebagai penyusun mempengaruhi sifat yang dihasilkan oleh komposit, komposit antara matrik dan penguat sebaiknya harus mengguanakan komposisi yang seimbang, karena jika dintara penguat dengan matrik menggunakan koposisi yang berbeda atau tidak seimbang maka untuk sifat yang dihasilakan tidak akan mencapai nilai optimal.

2. Fasa yang terdispersi

Fasa yang terdispersi didalam suatu matriks dapat mempengaruhi sifat komposit baik dari segi distribusi, konsentrasi, orintasi ukuran maupun bentuk fasa. Pada gambar 2.12, bahwa pada bahan penguat yang bentuknya silinder atau tidak memiliki sudut mempunyai sifat mekanik yang cukup baik dibandingkan dengan penguat yang mempunyai sudut pada sisinya. Ini diakibatkan karena tegangan konsentrasi lebih besar pada bagian sudut, sehingga sifat mekanik yang dihasilkan buruk.



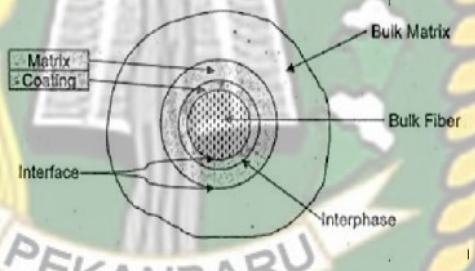
Gambar 2.12 Parameter bahan pengisi komposit
(Sumber : Frans Armanto, 2017)

3. Ikatan dari antar muka dan antar fasa

Dalam penyusunan material kompoit, matriks dan penguat dapat menghasilkan kombinasi sifat mekanik dengan sifat dasar yang berbeda dari

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

masing-masing matriks dan penguat, karena terdapat ikatan antar muka diantara kedua komponen tersebut. Ikatan antar muka merupakan suatu permukaan yang terbentuk dari antara matriks dan penguat didalamnya yang berfungsi sebagai media transfer beban dari matriks dan penguat. Ikatan matrik dan penguat ini mempunyai peran penting dalam menetukan sifat dari suatu komposit. Semakin baik ikatan terbentuk (ditandai dengan semkain lebarnya daerah kontak), maka semakin baiklah sifat akhir dari komposit yang terbentuk. Permukaan yang terbentuk dapat mempengaruhi sifat dari komposit nantinya, selain itu diantara matriks dan penguat akan membentuk fasa ketiga (antar fasa) yang mempunyai sifat dari kedua fasa yang tergantung dalam pembentukanya. Fasa ketiga bisa terbentuk jika ikatan antar fasa terbentuk dengan baik sehingga setiap komponen dapat mampu berdifusi seperti pada gamar 2.13.



Gambar 2.13 Fenomena yang terjadi antara fasa dan antar muka pada komposit (Sumber: Frans Armanto, 2017)

Pada masa ini perkembangan pembuatan pelat bipolar komposit lebih pesat dan meningkat dibandingkan dengan jenis pelat bipolar berbasis grafit, logam, dan komposit. Hal ini disebabkan karena pelat bipolar komposit bisa diproduksi dengan biaya yang lebih murah serta menghasilkan propertis yang cukup baik.

2.5 Pelat Bipolar Komposit

Material koposit yang digunakan dalam pembuatan pelat bipolar pada dasarnya ialah komposit non logam, matriksnya tangguh serta relatif ulet, sedangkan untuk bahan pengisinya memiliki struktur yang lebih kuat dan keras. Komposit non logam yang digunakan dalam pembuatan pelat bipolar pada dasarnya mempunyai kandungan bahan pengisi grafit yang cukup besar hingga

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

mencapai 70-80% serta matriks polimer yang lebih kecil. Komposit non logam mempunyai beberapa bagaian yang terbagi diantaranya ialah karbon komposit, komposit berbasis termoset, serta komposit berbasis termoplastik. Karakteristik pelat bipolar yang telah dihasilkan sangatlah bergantung dengan material yang digunakan, oleh karena itu pemilihan material dalam penyusunan pembuatan pelat bipolar sangatlah perlu banyak perhatian. Pada penelitian ini digunakan material berbahan *stainless steel* serta bahan grafit digunakan sebagai bahan pengisinya.

2.6 Logam

Logam ialah suatu unsur, senyawa, serta paduan yang keras dan tak tertembus cahaya. Logam memiliki konduktivitas listrik serta thermal yang cukup baik, logam pada umumnya bisa ditempah serta ditekan permanen sampai beruah bentuknya tanpa harus patah maupun retak, logam juga bisa dapat dilelehkan. Dalam tebel priodik 91 dari 118 unsur ialah logam, sisanya non logam atau metaloid.

2.6.1 Jenis Jenis Logam

Dalam ilmu logam jenis logam dikelompokan menjadi beberapa bagian ya itu logam berat, logam ringan, serta logam tahan.

1. Logam berat

Logam berat merupakan logam dengan massa jenis lebih besar dari 5gr/cm dengan 3gr/cm, yang bisa meningkat menjadi bahan beracun serta sangat berbahaya bagi makhluk hidup. Logam berat diantaranya ialah besi, *chrome*, nikel, tembaga, serta timah. Logam berat memiliki sifat mudah mengikat bahan organik, yang mengendap didasar serta bersatu dengan sedimen sehingga kadar logam berat dalam suatu sedimen lebih tinggi dibanding dalam air (Harahap, 2007).

2. Logam ringan

Logam ringan merupakan suatu logam yang mempunyai kerapatan yang relatif rendah. Alumunium serta titanium dan *stailess steel* merupakan logam

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

ringan yang mempunyai kepentingan komersial yang segnifikan, kerapatanya mencapai 1,7, 2,7 serta 4,5 g/cm bekisar 19-56% dari kepadatan logam.

3. Logam mulia

Logam mulia merupakan jenis logam yang sangat berharga tinggi karena ketersediaanya sangat terbatas dialam, logam mulia memiliki warna yang bagus serta memiliki sifat lunak (mudah dibentuk). Emas, perak, pelatina merupakan contoh dari logam mulia.

4. Logam tahan api

Merupakan suatu logam yang mempunyai titik leleh yang sangat tinggi sebagai syarat utama untuk dimasukan. Titik leleh tersebut mencapai hingga diatas 4.000 ^{o}F (2.200 ^{o}C) misalnya : titanium, sirkonium serta molibden.

Sedangkan jenis logam berdasarkan denagn bahan dasar sebagai pembentuknya terbagi menjadi dua yaitu :

1. Logam besi (*ferrous*) merupakan logam paduan yang memiliki campuran antara carbon dengan besi. Seperti *stainless steel* .
2. Logam bukan besi (*nonferrous*) merupakan logam yang tidak mengandung besi. Seperti alumunium, tembaga.

2.7 Stainless Steel

Stainless steel merupakan logam paduan yang mengandung Cr minimal 10,5%. Meskipun semua jenis *stainless steel* didasarkan pada kandungan *chrome* (Cr) namun unsur paduan lainya ditambahkan untuk memperbaiki sifat-sifat nya sesui pengaplikasianya. *Stainless steel* yang digunakan pada pengujian ini yaitu *stainless steel*. *Stainless steel* merupakan baja nirkarat paduan logam besi, Cr 18%, Ni 8%, serta karbon sebagai material paduannya, *stainless steel* merupakan jenis baja austenitik yang cukup banyak digunakan dalam industri karena memiliki sifat yang khas yaitu: mempunyai daya tahan yang cukup baik terhadap panas, tahan karat, tahan goresan, tahan terhadap suhu rendah maupun tinggi, keras, dapat menghantarkan panas serta listrik pada tekanan yang cukup tinggi

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Stainless steel pada dasarnya mempunyai kelebihan serta kekurangan yang mendasar diantaranya ialah :

Kelebihan *stainless steel* yaitu :

1. Tahan korosi yang tinggi, sehingga dapat digunakan dalam lingkungan yang ketat.
2. Dapat digunakan dalam jangka panjang.
3. Higienis, tidak berpori serta mudah dibersihkan.
4. Kemudahan dalam pembentukan.
5. Mudah ditemukan dalam linkungan.

Sedangkan untuk kekurangan nya adalah :

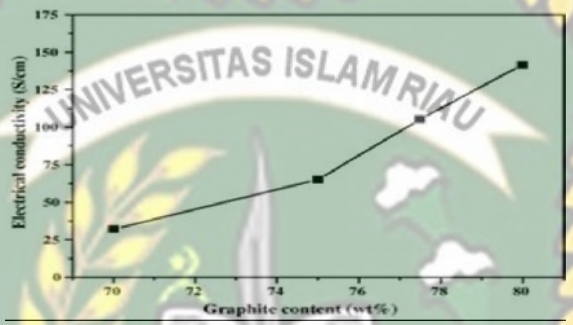
1. Kesulitan dalam ferikasi.
2. Tinginya biaya pemolesan akhir atau finising
3. Harga cukup mahal.

2.8 Grafit

Grafit mempunyai warna kelabu, akibat dari delokalisasi elektron antara permukaanya. Grafit berfungsi sebagai konduktor listrik yang cukup baik, pada tahun 1789 Abraham Gottlob Werner seseorang yang telah memberi nama grafit tersebut yang diambil dari kata yunani. Grafit dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu grafit alami serta grafit sintetik, grafit sintetik lebih murni dibandingkan dengan grafit alami, karena grafit sintetik merupakan suatu produk yang dibuat dari bahan material karbon amorf yang prosesnya melalui perlakuan khusus pada kondisi temperatur yang cukup tinggai. Grafit ini berfungsi sebagai bahan pengisi, khususnya sebagai pengisi dalam matriks polimer karena mempunyai konduktivitas listrik dan panas yang cukup baik, serta mempunyai sifat pelumasan (lubrikasi) yang cukup baik juga. Karena memiliki struktur yang berlapis, grafit memberikan sifat kekakuan dan dimensi yang cukup setabil terhadap polimer. Pada penelitian ini bahan grafit digunakan sebagai material penguat pada pelat *stainless steel* tipe 304 sebagai pelat logam *conducting*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

polymer composite. Grafit juga berfungsi untuk penguat konduktiv yang bisa mengurangi resistansi listrik pada pelat bipolar komposit. Selain itu grafit juga bisa meningkatkan koefisiensi fiksi serta meningkatkan konduktivitas thermal. Pada gambar 2.14 menunjukkan pengaruh penambahan grafit terhadap konduktivitas listrik dari pelat bipolar. Sebaliknya penambahan grafit juga dapat menurunkan resistivitas pelat bipolar.

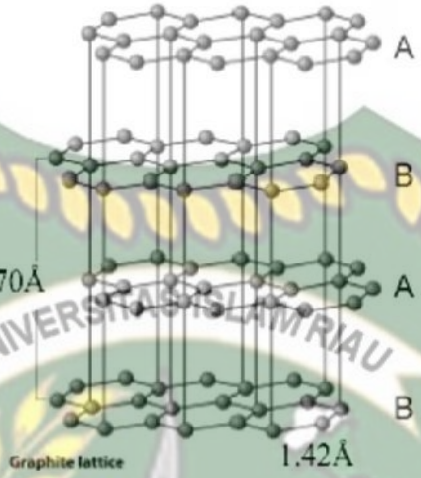


Gambar 2.14 Pengaruh penambahan grafit terhadap konduktivitas listrik
(Sumber : Cihiang Kuan, 2004)

Suatu ukuran, bentuk serta arah dari suatu pertikel grafit yang digunakan bisa mempengaruhi sifat dari suatu komposit yang dihasilkan terutama konduktivitas listrik. Grafit yang mempunyai arah orientasi partikel yang tegak lurus terhadap arah penekanan pada saat pencetakan akan mempunyai nilai kondiktivitas yang lebih baik dibanding dengan arah orientasi yang sejajar pada arah penekanan. Selain itu, kekuatan fleksural dari grafit berbentuk partikel (*spherical*) lebih baik dibandingkan dengan grafit yang berbentuk serpih (*flake*), dikarenakan tegangan yang akan diterima ukuran dari partikel akan menurunkan nilai dari konduktivitasnya, tetapi secara tidak langsung akan dapat meningkatkan kekuatan fleksuralnya.

Grafit ialah suatu jenis bentuk alotrop dari karbon yang terdiri dari suatu susunan atom-atom karbon yang terbentuk secara heksagonal yang membentuk kisi planart dengan ikatan antara lapisan yang lemah. Kisi yang tebentuk pada grafit umumnya mempunyai kekuatan yang cukup tinggi, tetapi sangat mudah mengalami pergeseran antara lapisan. Struktur pada grafit akan dapat menghasilkan sifat yang unik sehingga bisa digunakan pada berbagai aplikasi. Baik itu digunakan sebagai material utama maupun sebagai material pengisi.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 2.15 Struktur krista pada grafit
(Sumber : L.Du, S.C Jana, 2007)

Grafit mempunyai sifat kimia dan fisika, yaitu :

1. Mempunyai konduktivitas listrik serta panas yang sangat baik.
2. Mempunyai sifat lubrikasi yang baik pada suhu dan tekanan yang tinggi.
3. Mempunyai ketahanan oksidasi serta daya tahan terhadap unsur kimia yang tinggi.
4. Dapat mampu mengikat molekul kimia diantara lapisan grafit.
5. Ramah lingkungan.

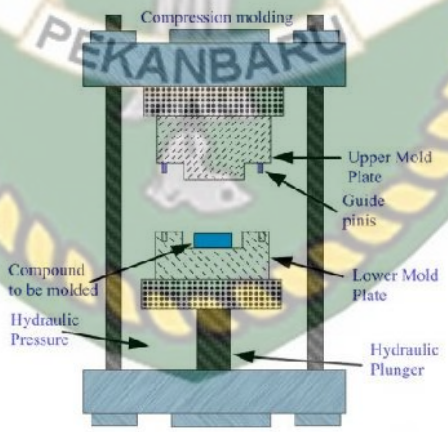
Untuk dapat digunakan sebagai aplikasi pelat bipolar grafit dapat mampu memberikan konduktivitas listrik yang cukup baik serta dapat meningkatkan sifat mekanis dari komposit tersebut. Selain itu penambahan grafit juga dapat meningkatkan kemampuan dalam memproses dari suatu material komposit, karena sifatnya yang baik sebagai pelumas. Hal tersebut mampu dapat memberikan performa yang baik dalam aplikasi sebagai pelat bipolar komposit.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

2.9 *Copression molding*

Compression molding ialah suatu teknik pembuatan komposit yang bervariasi. Teknik ini merupakan metode dengan molding yang tertutup, prinsip kerjanya dengan cara ditekan dengan tekanan tinggi ke bagian cetakan. Perpaduan antara dua buah cetakan yang dibuat dari bahan metal digunkan sebagai fabrikasi berupa komposit. Mesin *compression molding* secara umum memiliki pelat dasar dibagian bawah yang dipasang statis atau tetap sementara bagian pelat yang berada diatas difungsikan agar dapat bergerak naik dan turun untuk menyesuaikan tekanan yang dibutuhkan. Material penyusun komposit diletakan di cetakan sebelum proses kompresi.

Selain produk komposit, *compression molding* juga dapat digunaan untuk mencetak material plastik (*compound plastic*). Prinsip kerja *compression molding* pada material plastik tidak jauh berbeda dengan produk komposit. (Davis dkk, 2003).



Gambar 2.16 Metode *Compresion Molding*
(Sumbern : Davis dkk. 2003)

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

2.9.1 Kelebihan Dan Kekurangan Metode *Compression Molding*

A. kelebihan proses *compression molding*

1. Rata-rata penghasilan cukup tinggi.
2. Hasil akhir permukaan cukup baik dengan perbedaan model dan tekstur dapat diperoleh.
3. Fleksibel terhadap semua model (*part*).
4. Keseragaman *part* dengan metode ini cukup tinggi hasilnya.
5. Biaya perawatan relatif murah.
6. Sisa tegangan tidak mempengaruhi atau dapat diabaikan pada komponen mold.

B. kekurangan proses *compresion molding*.

1. Nilai investasi mesin dan komponen cukup tinggi.
2. Proses ini dapat digunakan untuk produksi dengan jumlah banyak, sedangkan dengan jumlah produksi yang sedikit atau prototip akan merugikan dalam segi biaya.
3. Perlu pengamatan yang intensive saat proses produksi.
4. Terkadang memerlukan proses tambahan setelah proses kompresi selesai, seperti trimming dan machining.
5. Terbatas pada kedalaman mold.

2.10 Ketebalan Pelapisan

Ketebalan merupakan suatu jarak tegak lurus diantara dua lapisan yang sejajar. Mengukur ketebalan pada dasarnya bertujuan untuk mengetahui berapa nilai ketebalan dari lapisan tersebut. Pada penelitian ini menggunakan metode elektroforesis sebagai metode pelapisanya kemudian langkah berikutnya melakukan pengukuran ketebalan menggunakan alat uji ketebalan.

Alat uji ketebalan merupakan suatu alat yang digunakan sebagai pengukur seberapa tebal suatu benda atau material. Hal ini dapat memudahkan dalam penggunaan serta menampilkan pengukuran langsung, selain dapat mengukur

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

ketebalan material beberapa alat uji ketebalan lain memiliki fungsi mengukur hanya ketebalan lapisanya saja sehingga data yang ditampilkan hanya ketebalan lapisanya saja. Dalam menggunakan alat uji ketebalan ini memberikan durability serta efektifitas waktu dan praktis dalam pengaplikasianya. Pada penelitian yang akan dikerjakan ini menggunakan alat ukur ketebalan lapisan yaitu jangka sorong atau juga menggunakan alat uji UT *Thickness.*

2.11 Konduktivitas Listrik

Konduktivitas listrik adalah kemapuan suatu bahan untuk menghantarkan arus listrik. Konduktivitas listrik merupakan sifat dari material yang berbanding terbalik dengan listrik, konduktivitas listrik dapat dinyatakan dalam persamaan dibawah ini :

$$\sigma = \frac{L}{A} X \frac{1}{R} = \frac{L}{A} \text{ .....pers 2.5}$$

Dimana :

L= Tebal Bahan (cm)

A= Luas Alas Pelat (cm^2)

R= Resistansi (ohm)

G= Konduktansi (Siemens)

σ = Konduktivitas Listrik (^{S}/cm)

2.12 Pengujian kekuatan bending

Pengujian kekerasan dilakukan untuk dapat mengetahui sifat mekanis dari suatu bahan material terhadap tekanan dimana sifat mekanis tersebut adalah untuk mengetahui titik luluh, titik penekanan maksimum, titik putus serta karakter bahan material ulet dan getas.

Pada pengujian kekersan berdasarkan standar ASTM D 790 bisa didapatkan nilai persamaan sebagai berikut:

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

$$S = \frac{3PL}{2b.d^2} \quad \text{..... pers 2.6}$$

Dimna :

σ_c= Tegangan bending (MPa)

P = Beban / *Load* (N)

L = Panjang Span (mm)

b = Lebar (mm)

d = Tebal (mm)

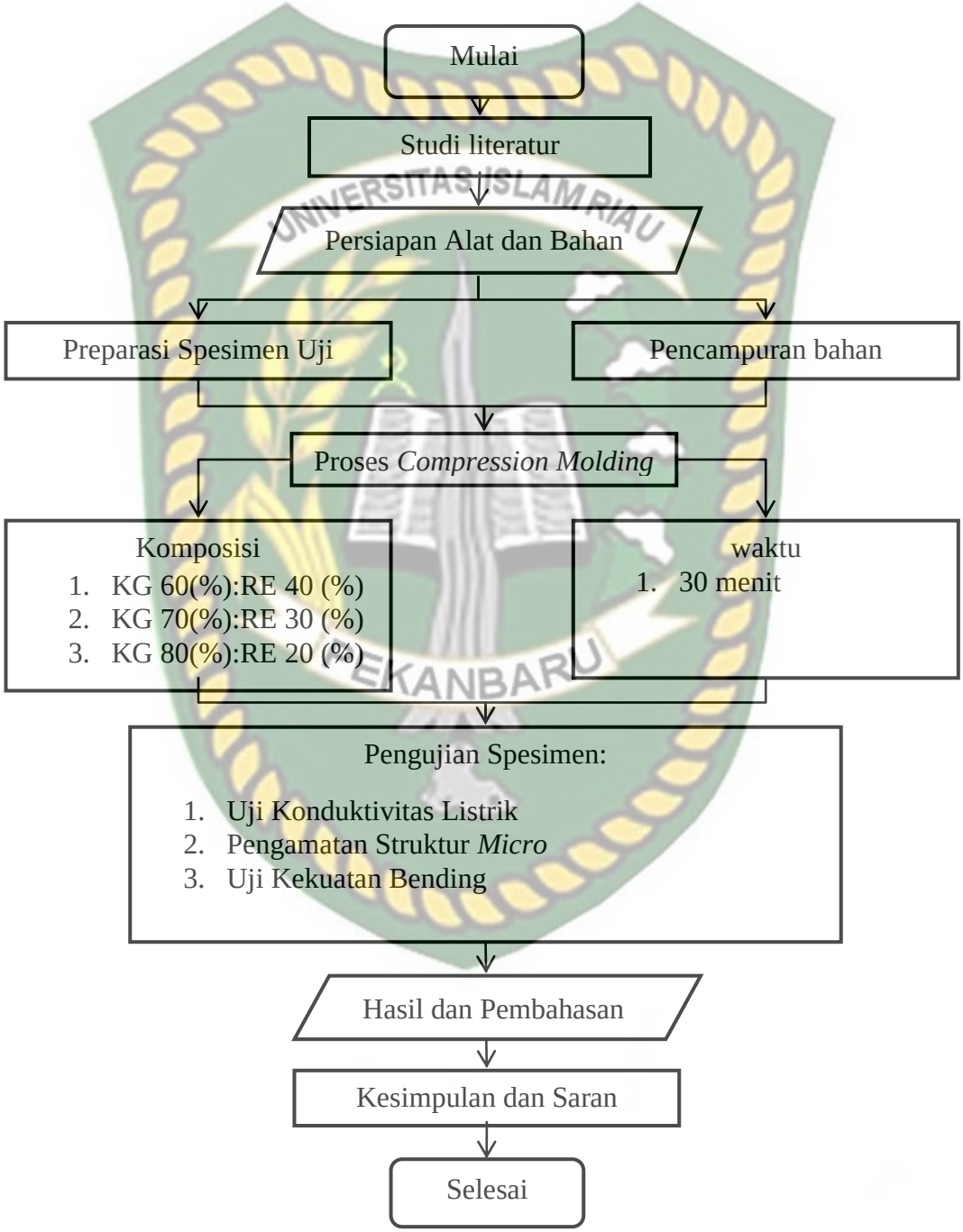
2.13 Pengamatan Struktur Micro

Struktur makro merupakan suatu gambaran dari kumpulan fasa-fasa yang dapat diamati melalui titik metalografi. Struktur makro merupakan suatu spesimen uji yang dapat dilihat menggunakan mikroskop.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Langkah – Langkah Diagram Alir Penelitian:

1. Mulai .
2. Studi literatur, persiapan pengumpulan data, membaca serta menulis data yang akan didapat nantinya.
3. Persiapan Alat dan bahan, siapkan alat serta bahan yang akan digunakan dalam pengujian.
4. Preparasi spesimen uji, siapkan spesimen uji yang sudah dipotong sesuai dengan ukuran yang sudah dibuat dengan ukuran tiap-tiap spesimen panjang 10 cm, lebar 10 cm, serta tebar 0,5 cm.
5. Peroses pencampuran resin epoxy dan grafit, pembuatan campuran ini dilakukan dengan cara perbandingan, bahan-bahan yang digunakan pencampuran dilakukan dengan perbandingan yang sesuai sehingga dapat menghasilkan campuran yang sesuai.
6. Proses molding *compresion* dilakukan dengan cara meletakan spesimen didalam mold yang sudah disiapkan , lalu melakukan proses molding *compresion*.
7. Tekanan (pressure) untuk tekanan yang digunakan yaitu 6 ton.
8. Waktu, untuk waktu yang diperlukan yaitu 20 menit, 25 menit dan 30 menit.
9. Melakukan pengujian spesimen yang sudah dilapisi, pengujian tersebut yaitu, pengujian pengamatan *microstruktur*, pengujian konduktivitas listrik, serta pengujian kekuatan bending.
10. Hasil dan pembahasan, melihat dan mencatat hasil data yang sudah didapat. Lalu melakukan pembahasan tentang hasil data yang didapat.
11. Kesimpulan dan saran, menyimpulkan hasil data yang didapat dari tiap-tiap spesimen, serta memberi saran untuk kedepanya dengan bahan yang akan digunakan.
12. Selesai .

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

3.2 Waktu Dan Tempat

1. Pelaksanaan proses pengepress dengan menggunakan metode molding *compression* dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
2. Proses pengamatan struktur *micro* dikerjakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Islam Riau.
3. Proses pengujian konduktivitas listrik dikerjakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Islam Riau.
4. Proses pengujian bending dilaksakan di Laboratorium Teknik Mesin Politekni Kampar

3.3 Alat Dan Bahan

3.3.1 Alat

Adapun peralatan yang akan digunakan dalam penelitian ini ialah sebagai berikut.

1. Jangka Sorong

   Jangka sorong berfungsi untuk mengukur ketebalan lapisan pada spesimen pengujian, untuk jangka sorong yang digunakan yaitu jangka sorong dengan ketelitian 0,005 cm yang dituntjukan pada Gambar 3.2.

Gambar 3.2 Jangka Sorong

2. Timbangan Digital

   Timbangan digital yang digunakan ini berfungsi untuk mengukur massa atau berat benda seperti pada Gambar 3.3.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Gambar 3.3 Timbangan Digital

3. Gelas Ukur

Gelas ukur berfungsi sebagai tempat mengukur volume cairan yang akan digunakan nanti, seperti pada Gambar 3.5.

Gambar 3.4 Gelas Ukur

4. Gerinda Potong

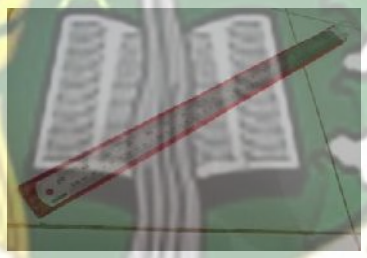
Gerinda potong berfungsi sebagai alat untuk memotong spesimen yang akan digunakan, seperti pada Gambar 3.6.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Gambar 3.5 Gerinda Potong

5. Penggaris

Penggaris berfungsi sebagai alat untuk mengukur spesimen yang akan digunakan dalam penelitian ini seperti pada Gambar 3.7.



Gambar 3.6 Penggaris

6. *Stopwacth*

Stopwacth berfungsi sebagai alat untuk menghitung waktu dalam penelitian, seperti pada Gambar 3.8.

Gambar 3.7 *Stopwacth*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

7. Kertas Pasir/Amplas

Kertas pasiar/amplas berfungsi sebagai alat untuk menghaluskan permukaan spesimen, dengan ukuran 1000 seperti pada Gambar 3.10.

Gambar 3.8 Kertas Pasir/Amplas

8. Sarung Tangan

Sarung tangan berfungsi sebagai alat pelindung tangan dari bahan kimia, seperti pada Gambar 3.11.

Gambar 3.9 Sarung Tangan

9. Kain Lap

Kain lap berfungsi sebagai alat untuk membersihkan spesimen yang sudah diuji seperti pada Gambar 3.12.

Gambar 3.10 Kain Lap

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

10. Sendok Pengaduk

Sendok pengaduk berfungsi sebagai alat pengaduk fluida, seperti pada Gambar 3.13.

Gambar 3.11 Sendok Pengaduk

11. Multimeter

Multimeter digunakan untuk mengukur dan mengetahui ukuran tegangan listrik, resistansi, dan arus listrik. Seperti pada gambar 3.14

Gambar 3.14 Multimeter

12. Cetakan Spesimen

Cetakan spesimen berguna untuk membuat spesimen sesuai bentuk yang di inginkan. Seperti pada gambar 3.15

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Gambar 3.15 Cetakan Spesimen

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam pengujian ini ialah sebagai berikut :

1. Pelat *Stainless Steel* Tipe 304

   Pelat *stainless steel* tipe 304 digunakan sebagai katoda dalam penelitian ini, seperti pada Gambar 3.16

Gambar 3.16 Pelat *Stainless Steel* Tipe 304

2. *Amorphous Graphite*

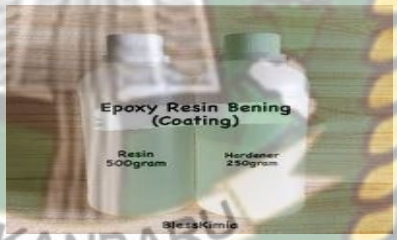
   Amorphous Graphite bahan ini digunakan untuk bahan pelapis pelat *stainless steel* tipe 304 pada penelitian ini, seperti pada Gambar 3.17.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Gambar 3.17 *Amorphous Graphite*

3. Resin Epoxy

Resin epoxsi ini berfungsi untuk mengikat campuran karbon grafit menjadi komposit polimer. Resin yang digunakan dalam peneltian ini yaitu resin epoxy bening (*coating*), resin ini dapat di beli di toko kimia, seperti pada gambar 3.18

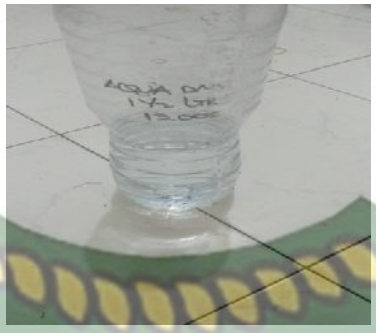


Gambar 3.18 Resin Epoxy

2. Aquades

Aquades dengan konsentrasi 70%, bahan ini digunakan sebagai pembersi sisa-sisa kotoran yang masih melekat pada spesimen yang sudah diamplas, seperti pada Gambar 3.19. *Aquades* jenis ini diproduksi di PT. Graha Jaya Pratama Kinerja.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 3.19 *Aquadest*

3.4 Metode Penelitian

Dalam penelitian ini prosedur kerja yang dikerjakan ada tiga tahapan yaitu tahapan menetukan ukuran volume cetakan, proses pencampuran resin epoxy dan grafit serta proes molding *compresion* dan melakukan prosedur pengujian untuk dapat melihat struktur *micro*,kekuatan bending dan konduktivitas listrik setelah melakukan proses molding *compresion* .

3.4.1 Volume Cetakan

Untuk menetukan volume cetakan diginakan persamaan sebagi berikut:

$$Vc = P \times L \times t$$

Dimana :

Vc = Volume Cetakan (cm^3)

P = Panjang (cm)

L = Lebar (cm)

t = Tinggi (cm)

$$Vc = 12cm \times 12cm \times 1cm$$

$$= 144\ cm^3$$

Untuk menentukan fraksi volume bahan dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

- Berat Grafit

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Massa = Vc x massa jenis grafit

= 144cm^3 x 2,16 $^g/_{cm}{}^3$

= 311,04 gram

- Berat Resin

Massa = Vc x massa jenis resin

= 144cm^3 x 1,13 $^g/_{cm}{}^3$

= 162,72 gram

3.4.2 Preparasi Spesimen Uji

Spesimen pengujian yang digunakan yaitu (pelat *stainless steel* tipe 304 digunakan sebagai tulang (backbone) dalam pembuatan pelat bipolar, yang akan digunakan dalam proses molding *compresion,* preparasi dalam tahapan dibawah ini:

1. Spesimen pengujian dipotong dengan ukuran yang telah ditetapkan dengan menggunakan alat pemotong (gerinda potong) dengan ukuran tiap spesimen yaitu: 10cm x 10cm x 0,5mm.
2. Bersihkan, gosok merata permukaan spesimen pengujian dengan menggunakan kertas pasir/amplas ukuran 1000.
3. Bilas dan bersihkan spesimen pengujian dengan *aquades* hingga bersih kotoran-kotoran yang menempel pada spesimen pengujian.
4. Spesimen pengujian siap dilakukan pengujian molding *compresion.*

3.4.3 Penimbangan Bahan Uji

Penimbangan dilakukan sesuai dengaan komposisi dari masing-masing fraksi volume yang ditentukan, adapaun fraksi volume yang diambil sebagai berikut :

1. Spesimen 1 dengan komposisi karbon grafit 60% dan resin epoxy 40%.

Grafit = 60% x 311,04 gram

= 186,84 gram

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Resin epoxy = 40% x 162,72 gram

= 65,08 gram

2. Spesimen 2 dengan komposisi karbon grafit 70% dan resin epoxy 30%.

Grafit = 70% x 311,04 gram

= 217,72 gram

Resin epoxy = 30% x 162,72 gram = 48,81 gram

3. Spesimen 3 dengan komposisi karbon grafit 80% dan resin epoxy 20%.

Grafit = 80% x 311,04 gram

= 248,83 gram

Resin epoxy = 20% x 162,72 gram

= 32,54 gram

3.4.4 Proses *Compresion Molding*

Pada proses *compression molding* dilakukan secara bertahap dan disesuaikan dengan besar tekanan diberikan, tekanan yang diberikan pada proses *compression molding* adalah sebesar 6 ton dengan waktu penekanan 30 menit.

3.5 Prosedur Pengujian

3.5.1 Pengujian Konduktivitas Listrik

Pengujian konduktivitas listrik dalam penelitian ini bertujuan untuk melihat kemampuan pelat *metal conducting polymer composite* dalam menghantarkan arus listrik pada aplikasinya nanti. Alat uji konduktifitas listrik dapat dilihat pada gambar 3.20

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Gambar 3.12 Alat Uji Konduktivitas Listrik

Tabel 3.1 Konduktifitas listrik pada pelat *metal conducting polymer composite*.

No	komposisi	Waktu yang diperluak (menit)	Konduktivitas listrik ($S.cm^{-1}$)
1	Grafit 60% Resin 40%	35 menit	
2	Grafit 70% Resin 30%	35 menit	
3	Grafit 80% Resin 20%	35 menit	

3.5.2 Pengamatan Struktur *Micro*

Pengamatan stuktur *micro* ini dilakuakan dengan bertujuan untuk melihat serta menganalisa struktur *micro* serta sifat-sifat yang terdapat pada spesimen plat *stainless steel* yang telah dilapisi *graphite*. Untuk jenis alat yang digunakan pada pengujian ini ialah jenis Olympus BX53M, seperti pada Gambar 3.21.

Gambar 3. 21 Alat Uji Pengamatan Struktur Micro (Olympus BX53M)

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

3.5.3 Pengujian Kekuatan Bending

Pengujian kekuatan menggunakan alat uji bending dalam penelitian ini bertujuan untuk melihat kemampuan material pelat *metal conducting* dalam menahan beban ketika ditekan pada aplikasinya nanti seperti pada gambar 3.22

Gambar 3.22 Alat Uji Bending

Tabel 3.2 Ketahanan material pelat *metal conducting polymer composite* dalam menahan beban.

No	Komposisi	Waktu (menit)	Kekuatan tekan (Mpa)
1	Grafit 60% : Resin 40%	35menit	
2	Grafit 70% : Resin 30%	35menit	
3	Grafit 80% : Resin 20%	35menit	

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian Pelat *Conducting Composite*

Pada gambar diwah ini ditunjukan hasil dari pembuatan pelat konduktor komposit dengan variasi campuran Karbone Grafit dan Resin Epoxy.

Gambar 4. 1 Pelat *Metal Conducting Polymer Composite* Dengan Komposisi Campuran Karbon Grafit 60% Dan Resin Epoxy 40%.

Gambar 4. 2 Pelat *Metal Conducting Polymer Composite* Dengan Komposisi Campuran Karbon Grafit 70% dan Resin Epoxy 40%.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Gambar 4. 3 Pelat *Metal Conducting Polymer Composite* Dengan Komposisi Campuran Karbon Grafit 80% dan Resin Epoxy 20%.

Pada gambar 4.1. Terlihat bahwa pada campuran komposisi grafit 60% dan resin 40% terlihat pada spesimen satu yang dilingkarin masih banyak lubang – lubang kecil dikarenakan grafit dan resin terlihat kurang terdistribusi secara sempurna, sedangkan pada gambar 4.2. Dilihat campuran koposisi grafit 70% dan resin 30% terlihat bahwa grafit dan resin yang dihasilkan sudah terdistribusi secara merata, sedangkan pada gambar 4.3. dengan campuran komposisi grafit 80% dan resin 20% menunjukkan hasil permukaan yang paling bagus, karena konposisi karbon grafit 80% dan resin epoxy 20% lebih sempurna dibandingkan dengan sempel 1 dan 2.

4.2 Hasil Pengujian Konduktivitas Listrik

Pengujian konduktivitas listrik dilakukan untuk kemampuan material dalam menghantarkan arus litrik pada pengaplikasianaya nanti. Dari pengujian yang sudah dilakukan maka didapat hasil dari ketiga sempel sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Koduktivitas Listrik Tanpa Hambatan Dimensi

no	Komposisi sempel	Resistivitas (Ω)	Voltage (V)	Ampere (*A*)
1	Kg 60(%): Re 40(%)	0,008	4,0	0,5
2	Kg 70(%): Re 30(%)	0,004	4,0	0,78
3	Kg 80(%): Re 20(%)	0,003	4,0	0,82

Dari tabel diatas dapat dilihat hasil dari pengujian konduktivitas listrik, nilai yang didapat ialah resistivitas, voltage, serta ampere. Maka dapat dilakukan perhitungan nilai hambatan dimensi dan konduktivitas listrik sebagai berikut.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

1. Spesimen 1

$G = \frac{1}{R}$

$= \frac{1}{0{,}008\ \Omega} = 125$ S

$\sigma = \frac{L}{A} \times G$

$= \frac{10\ \text{cm}}{10 \times 10\ cm^2} \times 125$ S

$= \frac{10\ \text{cm}}{100\ cm} \times 125$ S

$= 12{,}5$ S.cm^{-1}

2. Sempel II

$G = \frac{1}{R}$

$= \frac{1}{0{,}003\ \Omega} = 333$ S

$\sigma = \frac{L}{A} \times G$

$= \frac{10cm}{10 \times 10\ cm^2} \times 333$ S

$= \frac{10\ \text{cm}}{100\ cm^2} \times 333$ S

$= 33{,}3$ S.cm^{-1}

Dokumen ini adalah Arsip Milik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

3. Sempel III

$$G = \frac{1}{R}$$

$$= \frac{1}{0{,}001} = 1000\ S$$

$$\sigma = \frac{L}{A} \times G$$

$$= \frac{10\ cm}{10 \times 10\ cm^2} \times 1000\ S$$

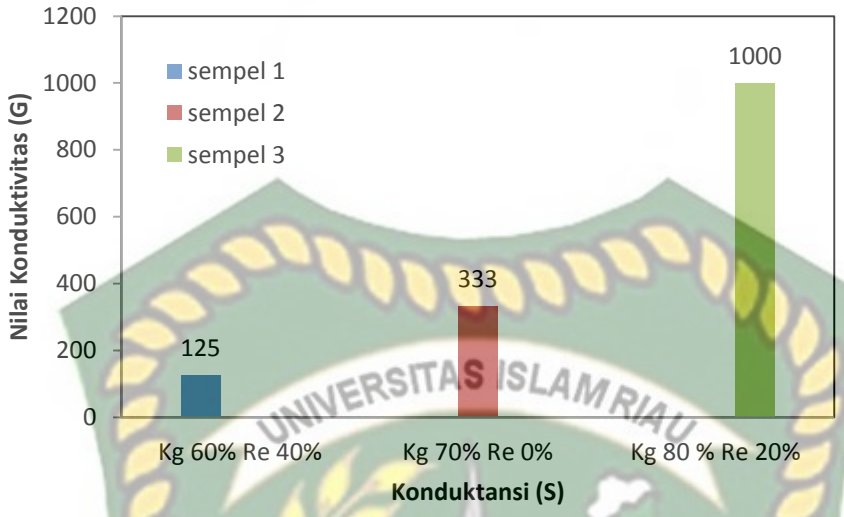
$$= \frac{10\ cm}{100\ cm^2} \times 1000\ S$$

$$= 100\ S.cm^{-1}$$

Tabel 4. 2 Nilai Konduktivitas Listrik Dengan Hambatan Dimensi

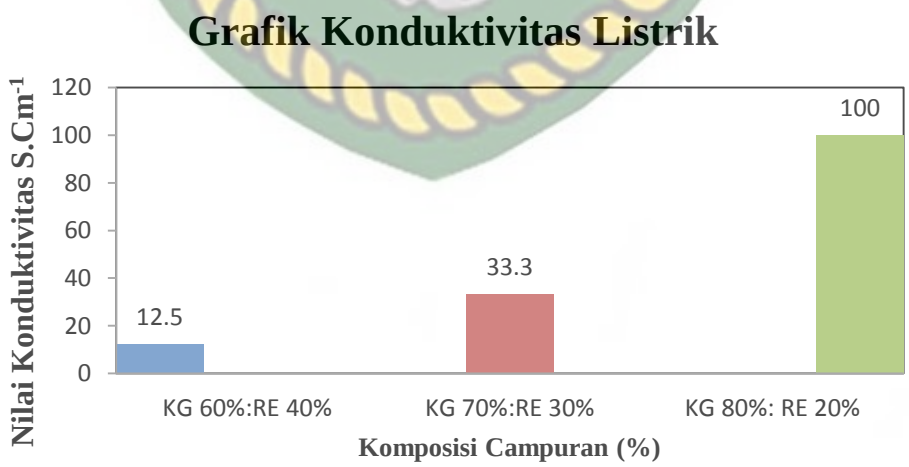
No	komposisi	Konduktansi(S)	Konduktivitas liatrik($S.cm^{-1}$)
1	Karbon Grafit 60% : Resin Epoxy 40%	125	12,5
2	Karbon Grafit 70% : Resin Epoxy 30%	333	33,3
3	Karbon Grafit 80% : Resin Epoxy 20%	1000	100

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 4. 4 Grafik konduktansi Terhadap Campuran Komposisi

Perhitungan nilai konduktansi didapat dari rumus persamaan untuk mengetahui seberapa besar nilai yang dihasilkan dari perhitungan nilai konduktansi yang telah dilakukan dimana hasil pengukuran konduktansi yang didapatkan bahwa pada spesimen 3 dengan kandungan karbon grafit 80% dan resin 20% memiliki nilai konduktansi yang baik hal ini disebabkan kandungan grafit yang lebih banyak dibandingkan dengan spesimen 1 dan 2 sehingga mampu meningkatkan nilai konduktansi yang cukup signifikan.



Gambar 4. 5 Grafrik Konduktivitas Listrik Terhadap Campuran Komposisi Karbon Grafit(KG) Dan Resin Epoxy(RE)

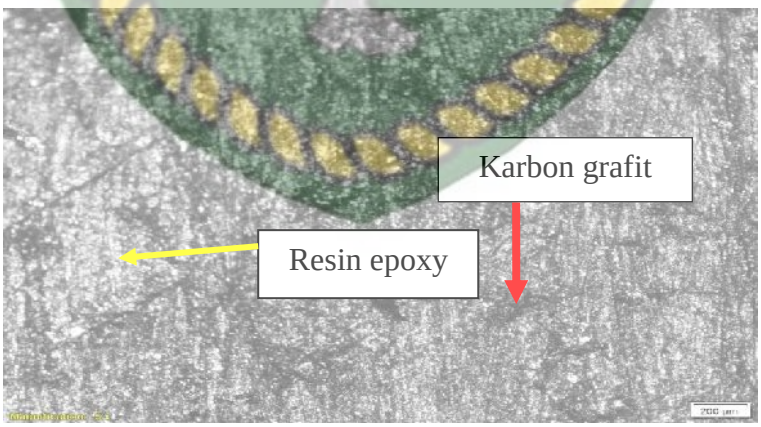
Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Dari nilai konduktivitas listrik diatas didapat dari rumus persamaan untuk mengetahui seberapa besar nilai yang dihasilkan dari perhitungan, nilai konduktivitas listrik yang telah dilakukan dimana hasil pengukuran konduktivitas listrik didapatkan setelah dikonversikan menggunakan rumus perhitungan. Dari gambar 4.5. Grafik konduktivitas listrik dengan campuran komposisi yang berbeda seingga dapat dilihat dan disimpulkan bahwa nilai terbaik yang di dapatkan pada sempel 3 dengan kandungan Karbon Grafit 80% serta Resin Epoxy 20% sehingga tercampur lebih merata dan sempurna serta dapat menghantarkan arus listrik yang sempurna denagn konduktivitas listrik yang sesui setandar yang memiliki nilai konduktivitas listrik sebesar 100 ($S.cm^{-1}$). Hal ini dikarenakan mendekati target nilai standar *department of energi* (DOE),USA.

4.3 Hasil Pengamatan Micro Struktur

Tujuan pengamatan ini untuk melihat susunan struktur mikro pada sempel pelat metal *conducting polymer composite*. Sempel yang akan diuji ialah sempel yang menggunakan variasi perbandingan campuran komposisi karbon grafit dan resin epoxy.

a. Topografi sempel 1 dengan 5x optikal zoom

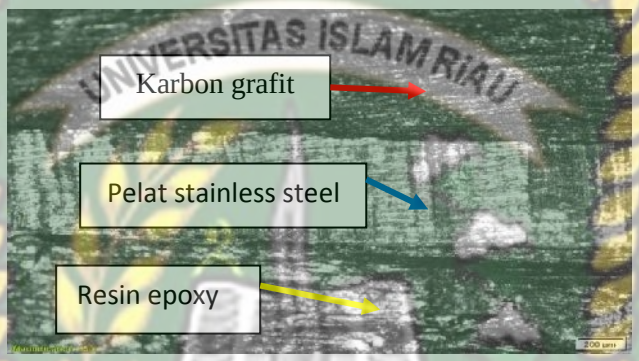


Gambar 4. 6 Topografi Permukaan Dengan Perbandingan Karbon Grafit 60% Dan Resin Epoxy 40%.

Dari hasil pengamatan yang didapat pada gambar 4.6 bahwa bentuk dari struktur *micro* dengan campuran komposisi perbandingan Kg 60% dan Re 40%

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

terlihat bahwa pada sempel tersebut resin epoxy lebih dominan dari pada karbon grafit sehingga resin epoxy terlihat masih terkumpul dan penyebarannya kurang merata pada grafit dan menyebabkan permukaan sempel terlihat kasar dan berpori hal ini disebabkan karena kandungan resin epoxy lebih dominan dari pada karbon grafit. Dari gambar 4.6 menunjukkan bahwa panah merah ialah karbon grafit, serta panah kuning adalah resin epoxy.

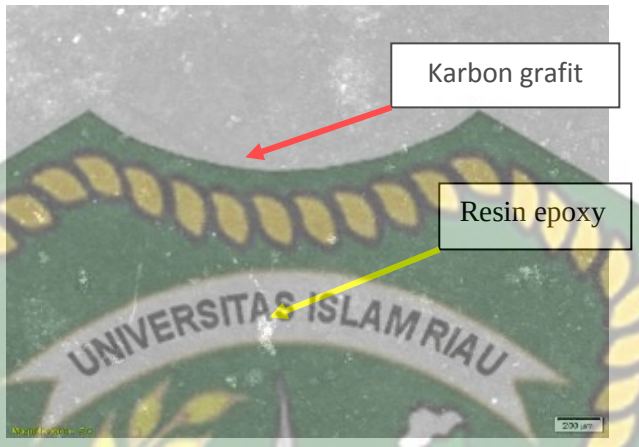


Gambar 4. 7 Topografi Pelapisan Dengan Perbandingan Karbon Grafit 60% Dan Resin Epoxy 40%

Dari hasil pengamatan diatas pada gambar 4.7 bahwa bentuk dari struktur mikro dengan campuran komposisi perbandingan Karbon Grafit 60% dan Resin Epoxy 40% dapat dilihat bahwa pada sempel tersebut pelat *stainless steel* memiliki bentuk yang rata hal ini disebabkan karena struktur dari *stainless steel* yang tidak mudah melengkung akibat dari penekanan pada saat melakukan pengepresan, sedangkan pada pelapisannya terlihat menyatu dikarenakan resin epoxy lebih dominan dari pada karbon grafit sehingga resin epoxy terlihat mengikat pada pelat *stainless steel* serta karbon grafit terlihat penyebarannya kurang merata. Hal ini disebabkan karena kandungan resin epoxy lebih dominan dari pada karbon grafit. Dari gambar 4.7 diatas terlihat bahwa panah biru ialah pelat *stainless steel*, panah merah ialah karbon grafit, dan panah kuning ialah resin epoxy.

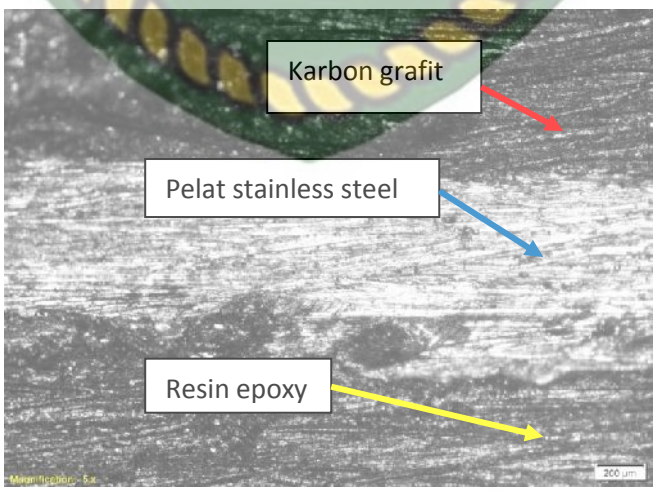
Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

b. Topografi sempel 2 dengan 5x otikal zoom



Gambar 4. 8 Topografi Permukaan Dengan Perbandingan Karbon Grafit 70% Dan Resin Epoxy 30%.

Dari hasil pengamatan pada gambar 4.8 diatas bahwa dapat kita lihat bentuk dari struktur mikro dengan campuran komposisi perbandingan Kg 70% dan Re 30% terlihat bahwa pada sempel tersebut resin epoxy tidah terlalu dominan sengga resin epoxy dan karbon grafit struktur partikelnya lebih padu. Karena hal ini campuran komposisi dari karbon grafit lebih banyak, untuk permukaannya terlihat lebih halus dan tidak berpori dibandingkan dengan sempel pertama. Dari gambar 4.7 diatas menunjukkan bahwa panah merah adalah karbon grafit, dan panah kuning adalah resin epoxy.

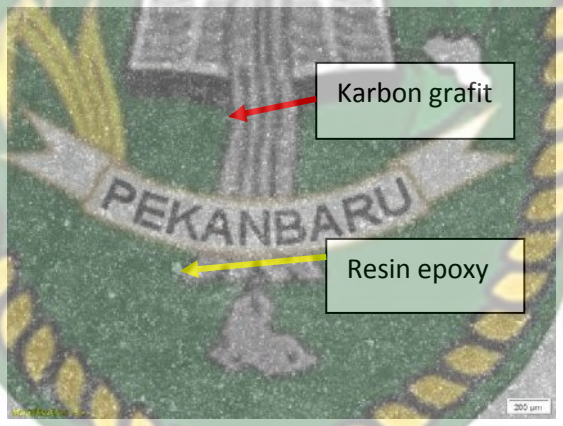


Gambar 4. 9 Topografi Pelapisan Dengan Perbandingan Karbon Grafit 70% Dan Resin Epoxy 30%

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Dari hasil pengamatan pada gambar 4.9 diatas dapat kita lihat bentuk dari struktur mikro dengan campuran komposisi perbandingan Kg 70% dan Re 30% terlihat bahwa pada sempel tersebut pelat *stainless steel* memiliki bentuk yang lebih rata hal ini disebabkan karena struktur dari stainless teel tidah mudah melengkung akibat dari penekanan pada saat melakukan pengepresan, sedangkan pada pelapisannya terlihat menyatu dan lebih padu dikarenakan resin epoxy dan karbon grafit penyebarannya merata sehingga resin epoxy dan karbon grafit menempel pada pelat *stainless steel* dengan bagus. Dari gambar 4.8 menunjukkan bahwa panah warna biru ialah pelat *stainless steel*, panah warna merah ialah karbon grafit, dan panah warna kuning ialah resin epoxy.

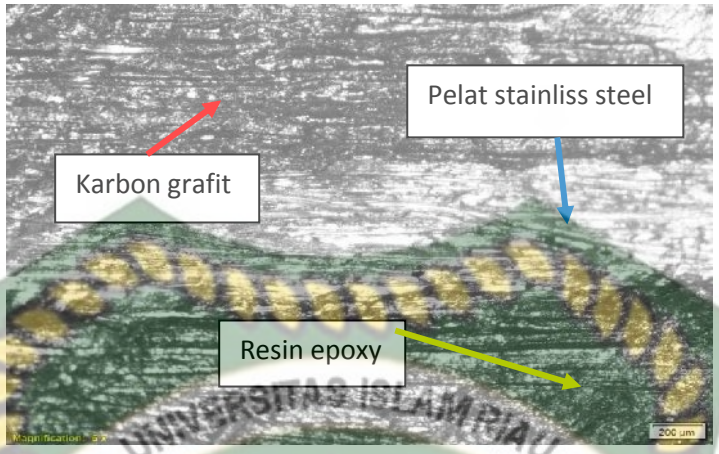
c. Topografi sempel 3 dengan 5x otikal zoom



Gambar 4. 10 Topografi Permukaan Dengan Perbandingan Karbon Grafit 80% Dan Resin Epoxy 20%.

Dari hasil pengamatan pada gambar 4.10 diatas bahwa dapat kita lihat bentuk dari struktur mikro dengan campuran komposisi perbandingan Kg 80% dan Re 20% terlihat bahwa pada sempel diatas resin epoxy dan karbon grafit struktur partikelnya lebih merata dan pada permukaannya terlihat lebih halus dibandingkan dengan sempel pertama dan kedua. Hal ini disebabkan karena komposisi dari karbon grafit lebih banyak. Dari gambar 4.9 diatas menunjukkan bahwa panah berwana merah ialah karbon grafit, dan panah berwarna juning ialah resin epoxy.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 4. 11Topografi Pelapisan Dengan Perbandingan Karbon Grafit 80% Dan Resin Epoxy 20%

Dari hasil pengamatan pada gambar 4.11 dapat kita lihat bahwa bentuk dari struktur mikro dengan campuran komposisi perbandingan Kg 80% dan Re 20% terlihat bahwa pada sempel tersebut pelat *satainless steel* kurang menyatu dengan resin epoxy dan karbon grafit, hal ini disebakan karena komposisi karbon grafit yang terlalu banyak dibandingkan dengan resin epoxy, karena resin epoxy sebagai bahan pengikatnya. Dari gambar 4.11 menunjukkan bahwa panah berwarna biru ialah pelat *stainless steel*, panah berwarna merah ialah karbon grafit, dan panah berwarna kuning ialah resin epoxy.

Dari hasil pengujian dan pengamatan diatas, hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar komposisi karbon grafitnya maka semakin tinggi kerapatan partikelnya sehingga dapat menghantarkan arus listrik dengan baik seperti pada sempel 3 dengn kandungan komposisi Karbon Grafit 80% dan Resin Epoxy 20%.didapat konduktivitas listriknya 100 $S.cm^{-1}$ yang sudah mencapai setandar USA. Dalam pengujian ini bertujuan untuk melihat struktur dan kerapatan partikel di dalam pelat *metal conducting polymer composite*.

4.4 Hasil Pengujian Bending/Flexural

Pada Pengujian bending ini memiliki tiga variasi sempel dimana setiap sempel mimiliki kekuatan yang berbeda. Dikarenakan komposisi dari sempel pengujian bending ini yaitu sempel yang menggunakan variasi perbandingan

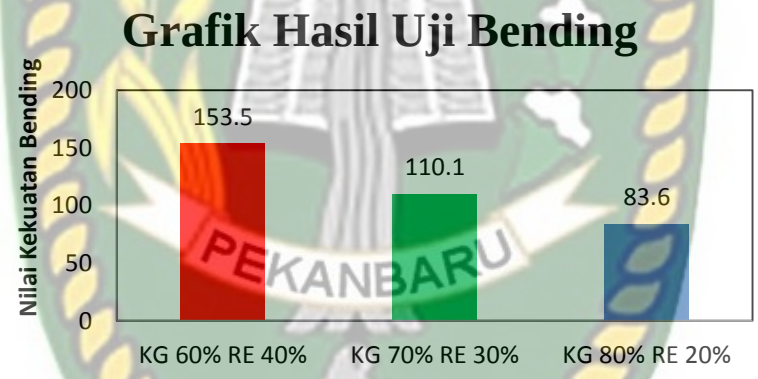
Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

komposisi campuran karbon grafit dan resin epoxy yang berbeda. Hasil dari pengujian bending ditulispada tabel 4.3 dibawah ini :

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Bending/Flexural

Sempel	Area (mm^2)	Max. Force (MPa)	Elongation (%)
Sempel 1	591.300	153,5	48,42
Sempel 2	450.000	110,1	27,67
Sempel 3	637.500	83,6	22,15

a. Grafik Pengujian Bending



Gambar 4. 12 Grafik Hasil Uji Bending

Setelah sudah melakukan pengujian bending, berdasarkan gambar 4.12 Grafik hasil uji bending menggunakan tiga variasi yang berbeda dimana dari setiap sempel memiliki komposisi yang berbeda. Pada sempel 1 memiliki komposisi dengan perbandingan karbon grafit 60% dan resin epoxy 40%, pada sempel 2 memiliki komposisi dengan perbandingan karbon grafit 70% dan resin epoxy 30%, dan pada sempel 3 memiliki komposisi dengan perbandingan karbon grafit 80% dan resin epoxy 20%. Berikut ini ialah hasil data yang didapatkan pada masing – masing komposisi tersebut. Pada komposisi karbon grafit 60% dan resin epoxy 40% hasil yang di dapat yaitu 153,5 MPa. Pada komposisi karbon grafit 70% dan resin Epoxy 30% hasil yang di dapat yaitu 110,1 MPa. Pada komposisi

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

karbon grafit 80% dan resin epoxy 20% hasil yang didapat 83,6 MPa. Dari hasil yang didapat maka dapat disimpulkan bahwa kekuatan tertinggi dimiliki oleh sempel1 dengan perbandingan komposisi karbon grafit 60% dan resin epoxy 40% dengan nilai 153,5 MPa. Sedangkan untuk kekuatan terendah dimiliki oleh sempel 3 dengan perbandingan komposisi karbon grafit 80% dan resin epoxy 20% dengan nilai 83,6 MPa. Perbandingan yang cukup signifikan.

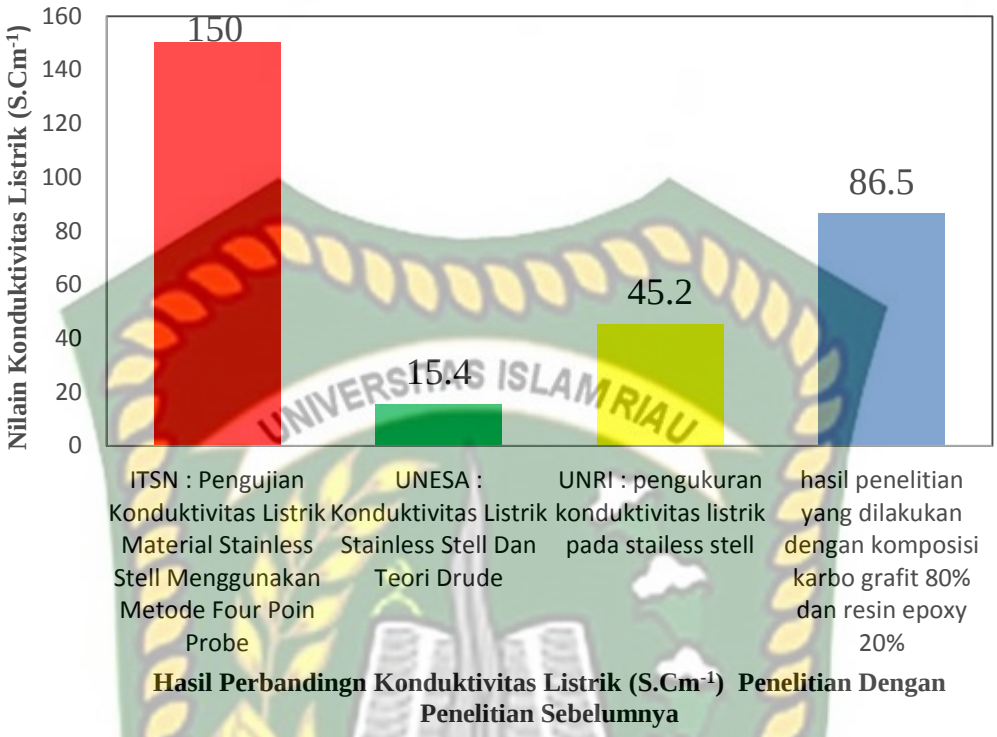
Berdasarkan tabel dan grafik yang dihasilkan dapat disimpulkan bahwa semangkin sedikit pengunaan resin epoxy maka hasil yang didapat semangkin rendah. Tetpi dalam pengujian ini sudah mencapai setandar yang di tentukan dengan nilai 83,6 Mpa sedangkan untuk nilai setandarnya ialah 20 Mpa.

4.6 Perbandingan Anatar Hasil Penelitian Dengan Spesifikasi *Stainless Steel*

Tabel 4. 4 perbandingan antara hasil penelitian dengan spesifikasi *stainless steel*

No	Propertis	Hasil penelitian sebelumnya tanpa pelapisan			Hasil penelitian
1	Konduktivitas ($S.cm^{-1}$)	150	15,4	45,2	86,5
2	Bending/fluxural (MPa)	58,0	121,1	90,2	64,6

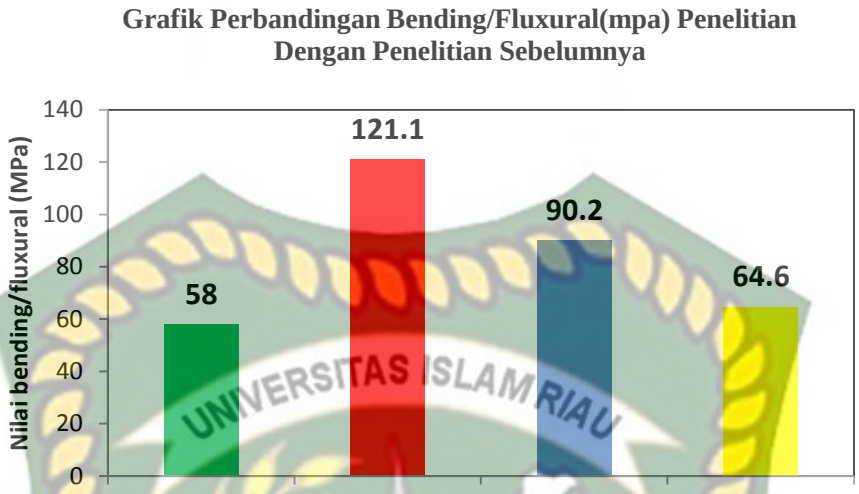
Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 4. 13 Grafik Perbandingan Konduktivitas Listrik Antara Hasil Penelitian Dengan Spesifikasi Pelat *stainless stell*

Pada gambar 4.13 dapat dilihat bahwa nilai konduktivitas listrik pada pelat *metal conducting polymer composite* ini sebesar 86,5 ($S.cm^{-1}$) jauh lebih rendah dibandingkan dengan nilai konduktivitas listrik pelat *stainless stell* yaitu dilakukan di Institut Sepuluh November (ITSN) dengan nilai sebesar 150 ($S.cm^{-1}$). Hal ini dikarena pengaruh jenis stainles stell yang digunakan berbeda tipe yaitu stainless stell tipe 316 sehingga dapat mempengaruhi hasil konduktivitasnya. Akan tetapi untuk hasil yang diperoleh dalam penelitian ini sudah mencapai setandar *Depertemen Of Energy* (DOE)

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 4. 14 Grafik Perbandingan Kekuatan Bending Antara Hasil Penelitian Dengan Spesifikasi Pelat *stainless stell*

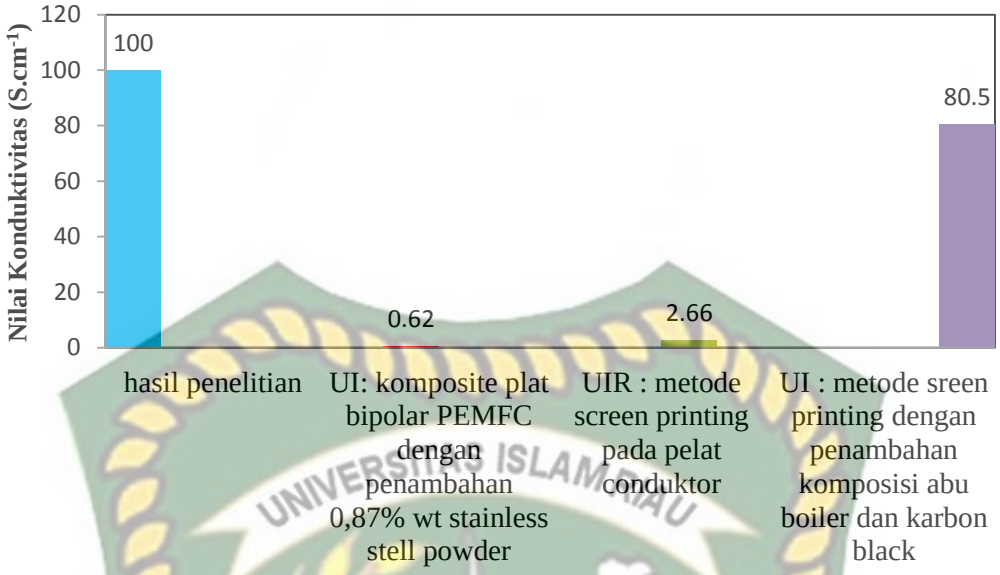
Berdasarkan gambar 4.14. dapat dilihat bahwa nilai kekuatan bending / flexural pada pelat *metal conducting polymer composite* ini sebesar 64,6 (MPa) lebih rendah dibandingkan dengan nilai kekuatan bending pelat *stainless stell* yang dilakukan di UNESA Universitas Negri Surabaya yaitu dengan nilai sebesar 121,1 (MPa). Hal ini disebabkan karena pengaruh dari ketebalan pelat *stainless stell.*

4.5 Perbanmdingan Antara Hasil Penelitian Sebelumnya

Tabel 4. 5 Perbandingan Antara Penelitian Dengan Penelitian Sebelumnya

No	Propertis	Hasil Penelitian Sebelumnya			Hasil Penelitian		
					60:40	70:30	80:20
	Konduktivitas (S.cm-1)	200	0,62	2,66	12,5	33,3	100
	Bending/fluxural (MPa)	32,23	49,34	68,8	153,3	110,1	83,6

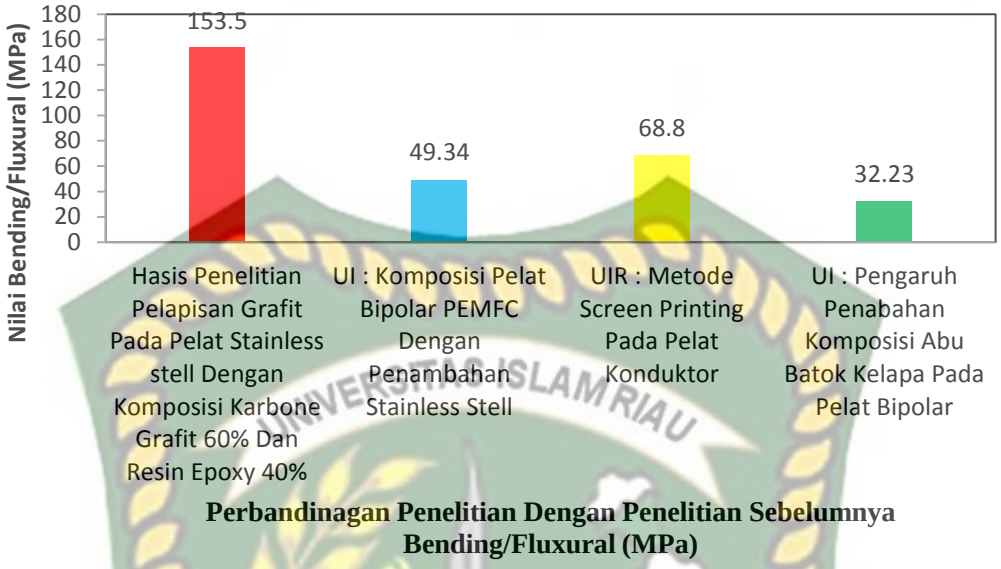
Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 4. 15 Grafik Penelitian Sebelumnya Dengan Penelitian Perbandingan Konduktivitas Listrik

Berdasarkan gambar 4.15 dapat kita lihat bahwa nilai konduktivitas listrik pada pelat *metal conducting polymer komposite* ialah 100 ($S.cm^{-1}$) sedangkan untuk hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan Universitas yaitu 80,5($S.cm^{-1}$),0,62 ($S.cm^{-1}$), 2,66 ($S.cm^{-1}$). Sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil penelitian jauh lebih tinggi konduktivitasnya debandingkan dengan penelitian sebelumnya.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 4. 16 grafik perbandingan bending/flexural

Dari gambar 4.16 dapat dilihat bahwa nilai perbandingan bending/flexural pada pelat *metal conducting polymer composite* ialah 153,5 (MPa) lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Universitas indonesia nilai bendig sebesar 32,23 (MPa),serta penelitain sebelumnya yang dilakukan di Universitas Islam Riau dengan nilai 68,8 (MPa), dan penelitian yang sebelumnya dilakukan di Universitas Indonesia dengan nilai 49,34 (MMPa). Karena dalam setiap sepesian memiliki komposisi yang berbeda sehinhgga didapat pulahasil yang berbeda.

4.6 Perbandingan Karateristik *Pelat Metal Conducting Polymer Composite* Dengan variasi Penambahan Karbon Grafit

Tabel 4. 6 Perbandingan Karateristik Pelat *Metal Conducting Polymer Composite* Dengan Bariasi Penambahan Karbon Grafit

No	Karbone grafit	Karateristik Pelat Metal Conducting Polymer Composite	
		Konduktivitas listrik ($S.cm^{-1}$)	Bending/flexural (N/mm^2)
1	60	12,5	153,5

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

2	70	33,3	110,1
3	80	100	83,6

Berdasarkan tabel 4.5 dapat kita lihat bahwa pengaruh penambahan karbon grafit terhadap sifat pelat *metal conducting polymer composite* dengan menggunakan metode *compression molding* maka akan berpengaruh terhadap peningkatan nilai konduktivitas listrik serta nilai kekuatan bending yang dihasilkan.

Berdasarkan hasil karakteristik tersebut nilai pelat *metal conducting polymer composite* pada penelitian ini dimiliki oleh sempel 3, yaitu dengan menggunakan penambahan karbon grafit 80% Resin Epoxy 20% dimana sempel tersebut memiliki nilai konduktivitas listrik 100 $S.cm^{-1}$ serta nilai kekutan bending 83,6 N/mm^2 yang sudah memenuhi nilai setandar *Depertemen Of Energy* (DOE).

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian yang sudah dilakukan pada pelat metal conducting polymer composite yang terbuat dari campuran antara grafit, pelat *stainless steel*serta resin epoxy dengan komposisi campuran yang berbeda, dapat ditarik kesimpulan sebagi berikut:

1. Pada pengujian konduktivitas listrik menggunakan alat kondiktivitas listrik, didapat bahwah sempel 3 dengan kandungan komposisi karbon grafit 80% resin epoxy 20% dapat menghantarkan arus listrik yang lebih besar dibandingkan dengan sempel 1 dan 2 sempel 3 didapat dengan nilai 100 $S.cm^{-1}$.
2. Dari hasil pengamatan struktur mikro menggunakan mikroskop optik dengan tipe Olympus U – 25ND6 didapat bahwa sempel 3 lebih bagus dan halus tidah berpori, dikarenakan campuran komposisi karbon grafit lebih dominan dibandingkan dengan resin epoxy.
3. Dari hasil pengujian bending dapat disimpulkan bahwa ssempel 1 lebih keras dibanding dengan sempel 2 dan 3, karena campuran komposisi resin epoxy lebih dominan dibandingkan dengan karbon grafit dengan nilai 153,5 N/mm^2.

5.2 Saran

Adapun saran dari penelitian ini ialah sebagai berikut :

1. Agar dapat mengembangkan lagi penelitian ini agar kedepanya bisa dibuat menjadi produksi teknologi yang berguna dan ramah lingkungan bagi masyarakat nantinya.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR PUSTAKA

ASM Handbook volume 21 *composite*. ASM Internasional.2001

Dedikarni, Panuh, Muammed Ali S.A., Dody Yulianto , Muhammad Fadhlullah Abd. Shukur (2020*). Effect of yttrium-stabilized bismuth bilayer electrolyte thickness on the electrochemical performace of anode-supported solid oxide fuel cells. https://www.researchgate .net/publication/346667831*

Dimas Eko Prasetyo. 2015. Analisis Perbandingan Metode Pengujian Permukaan Kekasaran Pada Material Polimer Dan Komposit – Review. Rekayasa Mesin, Universitas Brawijaya, Malang.

Fitri, N. 2015. Pengaruh Plat Grafit Dan Tembaga Terhadap Kinerja Proses Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Yang Mengandung Logam Zn Menggunakan Metode Elektrolisis. Institut Teknologi Bandung. Bandung.

Hasan, A. 2007. Aplikasi Sistem *Fuel Cell* sebagai Energi Ramah Lingkungan di Sektor Transportasi Dan Pembangkit. Teknologi Konversi Dan Konservasi Energi badan Pengkajian Dan Penerapan Teknologi. Jakarta, September 2007.

Hendrata Suhada. 2001. Fuel Cell Sebagai Penghasil Energi Abad 21. Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra. Jawa Timur.

H. S. Tomo, 2010. Karakteristik Sifat Mekanik Dan Elektrik Pelat Bipolar Sel Bahan Bakar Berkarbon Grafit Dalam Matriks Polimer ABS. Teknik Mesin Jakarta. Universitas Indonesia.

L.Du, S.C. Jana, “Highly conductive epoxy/graphitecompositesfor previous termbipolar plates in proton exchange membrane fuel cells”, Journal of power source 172, 2007.

Rovaldi, Afriyal. (2020).” Pengaruh komposisi karbon grafit sebagai bahan pengisi dan damar sebagai bahan pengikat terhadappellet conducting polymer composite”

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

R. Nuryadi. 2010. Pengaruh Tegangan Dan Waktu Deposisi Terhadap Pelapisan TO_2 Dengan Metode Elektroforesis. Seminar Nasional Energi.

S. Basue,nd. Recent Trends In Fuel Cell Science And Technology, New Delhi: Anamaya Publisher, 2007.

Spiegel, Collen. 2007. *Designing And Building Fuel Cell, USA : Megraw-Hill Componies*.

Zhang Jie, Zou Yan-wen, He Jun, "*Influence of graphite particle size and its shape on performance of carbon composite bipolar plate*", Journal of Zhejiang University SCIENCE 6A 10, 2005.

Zuriadi, M. R., Fadli, A., Amri, A., Jurusan, M., Kimia, T., Jurusan, D., … Riau, U. (n.d.). Pelapisan permukaan *stainless steel* 316L menggunakan hidroksiapatit dengan metode diposisi.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :