

**PENGARUH KOMPOSISI KARBON GRAFIT SEBAGAI  
BAHAN PENGISI DAN DAMAR SEBAGAI BAHAN  
PENGIKAT TERHADAP *PELLET CONDUCTING POLYMER*  
*COMPOSITE***

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Strata Satu Teknik  
Pada Program Studi Teknik Mesin  
Universitas Islam Riau*



Oleh :

**AFRIYAL ROVALDI**

**15.331.0852**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS ISLAM RIAU**

**PEKANBARU**

**2020**

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### DATA PERSONAL

Nama Lengkap : Afriyal Rovaldi  
NPM : 15.331.0852  
Tempat Tanggal Lahir : Pulau Terap II 02 April 1997  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Alamat :  
No. HP : 0813 8401 0041

### PENDIDIKAN

Sekolah Dasar : SD N 002 Terpadu Kuok  
Sekolah Menengah Pertama : SMP N 1 Bangkinang Barat  
Sekolah Menengah Kejuruan : SMK N 1 Bangkinang Kota  
Perguruan Tinggi : Universitas Islam Riau (Teknik Mesin)  
Pengalaman Organisasi : Ketua Himpunan Mahasiswa Mesin FT-UIR  
Keluarga Mahasiswa Mesin Riau  
Forum Mahasiswa Mesin Indonesia Wilaya II A

### TUGAS AKHIR

“Pengaruh Komposisi Grafit Sebagai Bahan Pengisi Dan Damar Sebagai Bahan Pengikat Terhadap *Pellet Conducting Polymer Composite*.”

Tempat Penelitian : Lab. Fisika Dasar Universitas Islam Riau  
Lab. Teknik Mesin Universitas Islam Riau  
Lab. Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada  
Tanggal Seminar : 14 Agustus 2020  
Tanggal Sidang : 19 Agustus 2020

Pekanbaru, Agustus 2020

**AFRIYAL ROVALDI**  
**NPM : 15.331.0852**

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Puji beserta syukur saya panjatkan atas kehadiran Allah SWT karena atas izin-Nya lah akhir nya saya dapat menyelesaikan proposal tugas sarjana ini sesuai kemampuan saya.

Proposal tugas sarjana ini merupakan salah satu tugas yang wajib diselesaikan oleh Mahasiswa Teknik Mesin dan juga merupakan persyaratan untuk mendapatkan gelar sarjana di jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.

Proposal yang berjudul **“PENGARUH KOMPOSISI KARBON GRAFIT SEBAGAI BAHAN PENGISI DAN DAMAR SEBAGAI BAHAN PENGIKAT TERHADAP *PELLET CONDUCTING POLYMER COMPOSITE*”** ini bertujuan supaya mahasiswa mengetahui pengaruh komposisi karbon grafit sebagai bahan pengisi dan bahan pengikat damar yang bisa menghantar listrik.

Pada kesempatan ini saya banyak mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dalam penyelesaian laporan tugas sarjana ini kepada :

1. Kedua orang tua penulis yang telah mendo'akan dalam menyelesaikan proposal tugas sarjana ini.
2. Bapak Dr. Eng. Muslim, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
3. Bapak Ir. Syawaldi, M.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Islam Riau.
4. Bapak Rafil Arizona, S.T., M.Eng. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Riau.

5. Bapak Dr. Dedikarni Panuh, S.T., M.Sc. selaku pembimbing proposal tugas sarjana.
6. Bapak dan Ibu Dosen tenaga pengajar Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
7. Rekan–rekan Mahasiswa yang ikut membantu serta memberikan dukungan dalam menyelesaikan proposal tugas sarjana ini.

Penulis menyadari begitu banyak kekurangan dan kelemahan yang terdapat didalam proposal tugas sarjana ini, penulis mengharapkan kritik dan saran yang dapat membantu menyempurnakan laporan ini. Akhir kata semoga proposal ini dapat memberikan manfaat bagi yang membacanya.

***Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh***

Pekanbaru, Agustus 2020

AFRIYAL ROVALDI  
15.331.0852

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
1.6 Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
2.1 Komposit .....	7
2.2 Klasifikasi Komposit .....	8
2.3 Bagian Utama Komposit.....	9
2.3.1 Reinforcement .....	9
2.3.2 Matriks.....	10
2.4 Jenis-Jenis Komposit .....	13
2.5 Metoda Pembuatan Komposit.....	14
2.5.1 Proses Cetakan Terbuka .....	15
2.5.2 Proses Cetakan Tertutup.....	17
2.6 Karbon.....	19
2.6.1 Alotrop Karbon.....	19
2.6.2 Grafit.....	19
2.6.3 Sifat dan Kegunaan Grafit .....	21
2.7 PEMFC .....	22

2.7.1 Pelat Bipolar .....	23
2.8 Polimer .....	24
2.9 Jenis-jenis Resin.....	24
2.9.1 Resin Amino .....	24
2.9.2 Resin Furan.....	25
2.9.3 Resin <i>Epoxy</i> .....	25
2.9.4 Resin Silikon.....	26
2.9.5 Resin <i>Polyester</i> .....	27
2.9.6 Resin Akrilik.....	27
2.9.7 Resin Vinil.....	28
2.9.8 Resin Damar .....	28
2.10 Konduktivitas Listrik .....	30
2.10.1 Resistivitas.....	30
2.10.2 Konduktansi.....	31
2.10.3 Konduktivitas.....	31
2.11 Pengujian Komposit.....	32
2.11.1 Pengujian Konduktivitas Listrik.....	32
2.11.2 Pengujian Kekuatan Tekan.....	33
2.11.3 Pengujian Struktur Makro .....	35
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>36</b>
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	36
3.2 Waktu dan Tempat.....	37
3.2.1 Waktu.....	37
3.2.2 Tempat .....	37
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	37
3.3.1 Alat Penelitian.....	37
3.3.2 Bahan-bahan .....	43
3.4 Prosedur Penelitian .....	44
3.4.1 Volume Cetakan.....	44
3.4.2 Proses Penimbangan Serbuk .....	45
3.4.3 Persiapan Cetakan.....	46

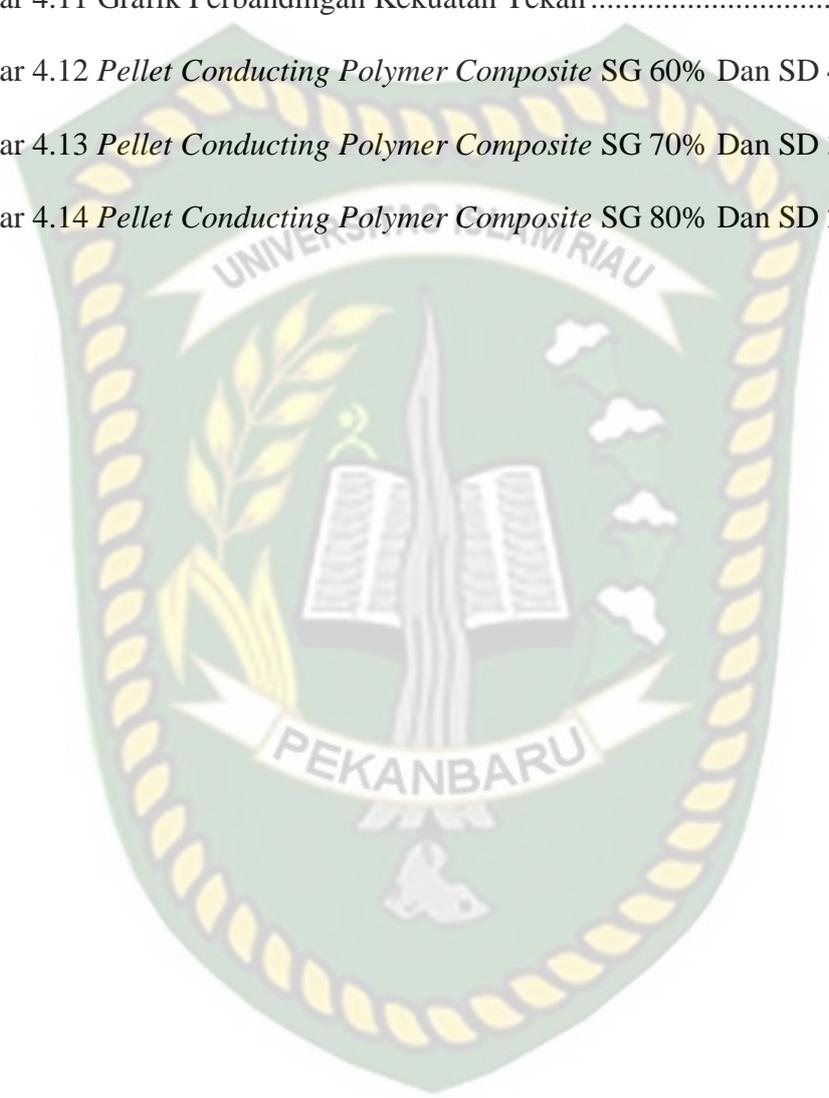
3.4.4 Proses <i>Compression Molding</i> .....	47
3.5 Proses Pembuatan Pelet Komposit.....	47
3.5.1 Parameter Proses.....	47
3.6 Karakterisasi Pelet Komposit.....	48
3.6.1 Pengujian Konduktivitas Listrik.....	48
3.6.2 Pengujian Kekuatan Tekan.....	49
3.4.4 Pengujian Struktur Makro .....	49
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	50
4.1 Uji Konduktivitas Listrik .....	50
4.2 Pengamatan Struktur Makro .....	53
4.3 Uji Kekuatan Tekan .....	56
4.4 Perbandingan Antara Hasil Penelitian Dengan Hasil Sebelumnya.....	61
4.3 Hasil Penelitian <i>Pellet Conducting Polymer Composite</i> .....	63
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	65
5.1 Kesimpulan .....	65
5.2 Saran .....	66
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mekanisme Susunan Komposit.....	8
Gambar 2.2 Pembagian Komposit berdasarkan bentuk dari reinforcement .....	9
Gambar 2.3 Pembagian Komposit berdasarkan bentuk dari matriksnya .....	11
Gambar 2.4 Ilustrasi Matriks pada Komposit .....	13
Gambar 2.5 Proses Pencetakan dengan <i>Hand Lay Up</i> .....	15
Gambar 2.6 Proses Pencetakan dengan <i>Vacuum Bag</i> .....	16
Gambar 2.7 Proses Pencetakan dengan <i>Pressure Bag</i> .....	16
Gambar 2.8 Proses Pencetakan dengan <i>Spray-Up</i> .....	17
Gambar 2.9 Proses Pencetakan dengan <i>Compression Molding</i> .....	18
Gambar 2.10 Proses Pencetakan dengan <i>Hand Injection Molding</i> .....	18
Gambar 2.11 Grafit .....	20
Gambar 2.12 Struktur Grafit .....	21
Gambar 2.13 Komponen PEMFC .....	23
Gambar 2.14 Pelat Bipolar PEMFC .....	23
Gambar 2.15 Resin Furan .....	25
Gambar 2.16 Resin <i>Epoxy</i> .....	26
Gambar 2.17 Resin Silikon .....	26
Gambar 2.18 Resin <i>Polyester</i> .....	27
Gambar 2.19 Resin Akrilik .....	27
Gambar 2.20 Resin Vinil.....	28
Gambar 2.21 Damar Batu .....	29
Gambar 2.22 Damar Mata Kucing .....	30

Gambar 3.1 Diagram Alir .....	36
Gambar 3.2 Ayakan Mesh 200.....	38
Gambar 3.3 Timbangan Digital.....	38
Gambar 3.4 Cetakan Pelet Komposit .....	39
Gambar 3.5 Pres Hidrolik .....	39
Gambar 3.6 <i>Heater Mold</i> .....	40
Gambar 3.7 Panel Kontrol.....	40
Gambar 3.8 Alat Uji Konduktivitas Listrik.....	41
Gambar 3.9 Alat Uji Struktur Makro .....	41
Gambar 3.10 Alat Uji Tekan.....	42
Gambar 3.11 Sarung Tangan.....	42
Gambar 3.12 Plastik Ziplock.....	43
Gambar 3.13 Karbon Grafit .....	43
Gambar 3.14 Serbuk Damar.....	44
Gambar 3.15 Sketsa <i>Mold Pellet</i> .....	45
Gambar 4.1 Grafik Konduktansi dan Komposisi Campuran .....	52
Gambar 4.2 Grafik Konduktivitas Listrik dan Komposisi Campuran .....	53
Gambar 4.3 Perbandingan Grafit 60% Damar 40% .....	54
Gambar 4.4 Perbandingan Grafit 70% Damar 30% .....	55
Gambar 4.5 Perbandingan Grafit 80% Damar 20% .....	56
Gambar 4.6 Grafik Beban Max Sampel Dan Tebal Sampel .....	59
Gambar 4.7 Grafik Beban Max Dan Komposisi Campuran .....	59
Gambar 4.8 Grafik Kekuatan Tekan Dan Tebal Sampel .....	60

Gambar 4.9 Grafik Kekuatan Tekan Dan Komposisi Campuran .....	61
Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Konduktivitas Listrik .....	62
Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Kekuatan Tekan .....	62
Gambar 4.12 <i>Pellet Conducting Polymer Composite</i> SG 60% Dan SD 40% ...	63
Gambar 4.13 <i>Pellet Conducting Polymer Composite</i> SG 70% Dan SD 30% ...	63
Gambar 4.14 <i>Pellet Conducting Polymer Composite</i> SG 80% Dan SD 20% ...	64



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Grafit.....	22
Tabel 2.2 Sifat Damar .....	30
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Konduktivitas Listrik Tanpa Hambatan Dimensi ...	50
Tabel 4.2 Nilai Konduktivitas Listrik Dengan Hambatan Dimensi .....	51
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Tanpa Hambatan Dimensi.....	57
Tabel 4.4 Hasil Kekuatan Tekan Dengan Hambatan Dimensi .....	58
Tabel 4.5 Perbandingan Hasil Penelitian Dengan Hasil Sebelumnya.....	61



## DAFTAR NOTASI

Simbol	Arti	Satuan
$V_c$	Volume Cetakan	$\text{cm}^3$
$\rho$	Massa Jenis	$\text{g}/\text{cm}^3$
$M$	Massa	kg
$V$	Volume	$\text{cm}^3$
$R$	Resistansi	ohm
$A$	Luas area	$\text{cm}^2$
$G$	Konduktansi	S
$L$	Tebal bahan	cm
$\sigma$	Konduktivitas Listrik	$\text{S}/\text{cm}$
$\sigma_c$	Kekuatan Tekan	MPa
$P$	Gaya Pembebanan Max	N
$r^2$	Jari-Jari	cm
$t$	Tinggi	cm

**PENGARUH KOMPOSISI KARBON GRAFIT SEBAGAI BAHAN  
PENGISI DAN DAMAR SEBAGAI BAHAN PENGIKAT TERHADAP  
PELLET CONDUCTING POLYMER COMPOSITE**

Afriyal Rovaldi, Dedikarni

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau  
Jl. Kaharuddin Nasution, KM. 11, No. 133, Perhentian Marpoyan  
Pekanbaru-Riau

Email : [afriyalrovaldi99@gmail.com](mailto:afriyalrovaldi99@gmail.com)

**ABSTRAK**

Sel bahan bakar (*fuel cell*) merupakan suatu pembangkit energi alternatif pengganti pembangkit energi konvensional yang menggunakan bahan bakar minyak dengan prinsip dasar elektrokimia dengan cara mengkonversi energi kimia menjadi listrik. Dengan adanya krisis bahan bakar minyak belakangan ini, maka sangat diperlukan suatu energi alternatif untuk masa depan yang murah dan ramah lingkungan. Untuk mengatasi masalah tersebut, komposit *polymer electrolyte membrane fuel cell* bisa menjadi salah satu solusinya. Sifat polimer yang ringan dan tahan korosi menjadikannya sangat cocok untuk aplikasi ini. Pada penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai konduktivitas listrik yang baik dan mendapatkan komposisi campuran yang optimum menggunakan bahan pengikat lokal yaitu grafit dan pengikat damar. Pelet komposit dengan komposisi 60%:40%, 70%:30% dan 80%:20% (fraksi volume) diperoleh melalui *hot pressing compression* pada tekanan lima (5) ton dengan temperatur 150°C. Pada penelitian ini juga dipelajari pengaruh komposisi terhadap karakterisasi yang meliputi pengujian kekuatan tekan dan pengamatan struktur makro. Dari hasil penelitian ini diperoleh bahwa nilai konduktivitas listrik yang tinggi pada spesimen tiga (3) dengan perbandingan komposisi 80:20 dengan nilai 44,88 S/cm dengan kekuatan tekan sebesar 9,90 MPa.

**Kata kunci :** PMC, Pelet Komposit, Konduktivitas Listrik, Kompresi Molding.

**PENGARUH KOMPOSISI KARBON GRAFIT SEBAGAI BAHAN  
PENGISI DAN DAMAR SEBAGAI BAHAN PENGIKAT TERHADAP  
PELLET CONDUCTING POLYMER COMPOSITE**

Afriyal Rovaldi, Dedikarni

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau  
Jl. Kaharuddin Nasution, KM. 11, No. 133, Perhentian Marpoyan  
Pekanbaru-Riau

Email : [afriyalrovaldi99@gmail.com](mailto:afriyalrovaldi99@gmail.com)

**ABSTRACT**

The fuel cell is an alternative energy generator to replace conventional energy generators that use fuel oil with the basic principle of electrochemistry by converting chemical energy into electricity. With the recent fuel oil crisis, an alternative energy for the future that is cheap and environmentally friendly is urgently needed. To overcome this problem, polymer electrolyte membrane fuel cell composites can be one solution. The polymer's lightweight and corrosion-resistant properties make it particularly suitable for this application. In this study, the aim of this research is to obtain a good electrical conductivity value and to obtain the optimum mixture composition using a local binder, namely resin. Composite pellets with a composition of 60%: 40%, 70%: 30% and 80%: 20% (volume fraction) are obtained through hot pressing compression at a pressure of five (5) tons with a temperature of 150 ° C. This research also studied the effect of composition on characterization which includes testing of compressive strength and observing macro structures. From the results of this study, it was found that the high electrical conductivity value in specimen three (3) with a composition ratio of 80:20 with a value of 44.88 S/cm with a compressive strength of 1317.17 Pa

**Keywords** : *PMC, Pellet Composite, Electrical Conductivity, Compression Molding.*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sel bahan bakar (*fuel cell*) merupakan suatu pembangkit energi alternatif pengganti pembangkit energi konvensional yang menggunakan bahan bakar minyak dengan prinsip dasar elektrokimia dengan cara mengkonversi energi kimia (sebagai bahan bakar tanpa proses pembakaran) menjadi listrik. Dengan adanya krisis bahan bakar minyak belakangan ini, maka sangat diperlukan suatu energi alternatif untuk masa depan yang murah dan ramah lingkungan.

Terdapat banyak jenis sel bahan bakar, diantaranya adalah *Direct Methanol Fuel Cell (DMFC)* dan *Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC)*. Kedua jenis tersebut menggunakan polimer sebagai membrane elektrolit yang biasanya beroperasi pada suhu rendah. Karena sifat-sifat inilah yang membuat PEMFC dan DMFC banyak digunakan sebagai sumber daya untuk alat-alat elektrolit *portable* dan alat transportasi (William,2000). Namun pada sel bahan bakar PEMFC, jenis ini merupakan sel bahan bakar yang memiliki keunggulan yaitu temperatur operasi yang rendah (80-100°C) sehingga sangat cocok diterapkan pada kendaraan maupun perumahan dimana PEMFC ini memiliki efisiensi yang cukup tinggi.

Membrane polimer merupakan salah satu komponen yang ada dalam PEMFC dan DMFC, dimana peran komponen tersebut dalam memisahkan rekatan menjadi sarana transportasi ion hydrogen (proton) yang dihasilkan oleh reaksi

anoda menuju katoda yang menghasilkan energi listrik dapat terjadi (William, 2000).

Pelat bipolar merupakan komponen yang sangat penting dalam aplikasi PEMFC. Komponen ini terbuat dari material konduktif serta tidak tembus gas, maka untuk itu umumnya menggunakan material grafit dan logam (baja, aluminium, titanium dan nikel) melalui proses pemesinan yang cukup rumit dan mahal (Daniel Dkk., 2006). Hal ini tentu tidak diharapkan dalam komersial PEMFC untuk aplikasi transportasi maupun perumahan. Namun, untuk saat ini proses pembuatan komponen ini masih tergolong tidak efektif karena material yang digunakan sebagian besar masih berupa logam yang mudah berkarat karena ada air dan hidrogen.

Saat ini telah dikembangkan suatu metode pembuatan komposit yang dikenal dengan CPC (*Conducting Polymer Composite*) yang dapat menghasilkan produk yang memenuhi kriteria untuk sel bahan bakar baik dari sifat *mechanical* maupun *electrical properties* (Strumpler, 1999).

*Pellet Conducting Polymer Composite* berbasis karbon grafit dibuat dari kombinasi karbon grafit dan pengikat damar dengan *compression molding*. Keuntungan menggunakan metode ini adalah biaya yang lebih murah, memiliki fleksibilitas yang tinggi dan lebih mudah dilakukan fabrikasi serta lebih ringan jika dibandingkan dengan plat logam (aluminium, baja, titanium, dan nikel) melalui pemesinan yang cukup rumit dan mahal dimana dalam konstruksi dari material tersebut menghabiskan 80% berat dan 60% biaya total dari sebuah sel bahan bakar (Richard dkk., 2006).

Grafit murni merupakan material utama yang digunakan sebagai material *Pellet Conducting Polymer Composite* karena alotrop karbonnya yang dapat menghantarkan arus listrik dan panas dengan baik. Sedangkan pengikat yang digunakan dalam pembuatan pelet komposit polimer ini adalah serbuk damar yang merupakan bahan pengikat lokal.

Serbuk damar mengandung resin alami yang tinggi dimana pada suhu tinggi resin damar akan mudah meleleh dan menyebar diantara pori-pori pelet komposit, sehingga dapat meningkatkan sifat fisik dan mekanik pelet komposit tersebut. Getah damar dengan demikian sangat potensial digunakan sebagai alternatif perekat yang ramah lingkungan. Karbon grafit yang keras dan kuat serta resin damar yang cukup ringan merupakan gabungan dari sifat-sifat yang diharapkan bisa memenuhi produk komposit yang berupa *graphite pellet composite*. Kedua material tersebut jika digabungkan akan menjadi komposit yang baru yaitu *conducting polymer composite*.

Berdasarkan masalah diatas dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mendapatkan nilai konduktivitas listrik dan mendapatkan komposisi campuran yang optimum menggunakan bahan pengikat lokal yaitu damar serta melakukan pengujian konduktivitas listrik dan sifat mekanis terhadap variasi komposisi pada pelet *conducting polymer composite* tersebut. Diharapkan dengan melakukan penelitian ini didapatkan suatu data kajian ilmiah yang hasil dapat digunakan sebagai literatur atau referensi dalam pembelajaran.

## 1.2 Rumusan Masalah

Penelitian *Conducting Polymer Composite* dengan kombinasi grafit dan polimer sudah banyak dilakukan namun dalam pembuatannya menggunakan pengikat damar masih belum banyak dilakukan. Secara umum perumusan masalahnya dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Bagaimana pembuatan *conducting polymer composite* berbentuk pelet dengan material karbon grafit dan pengikat damar ?
2. Bagaimana pengaruh komposisi campuran *pellet conducting polymer composite* terhadap konduktivitas listrik, kekuatan tekan dan struktur makro ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak di capai dalam penelitian diantaranya yaitu :

1. Untuk membuat pelet *conducting polymer composite* dengan material karbon grafit dan pengikat damar.
2. Untuk mendapatkan pengaruh komposisi campuran *pellet conducting polymer composite* terhadap konduktivitas listrik, kekuatan tekan dan struktur makro.

## 1.4 Batasan Masalah

Penulis membatasi penelitian ini agar tidak menyimpang dari materi pembahasan, dimana pembahasan meliputi :

1. Material yang digunakan serbuk karbon grafit dan pengikat damar.
2. Komposisi karbon grafit dan damar yaitu (60:40)%, (70:30)%, dan (80:20)%.

3. Alat uji yang digunakan yaitu konduktivitas listrik, uji tekan (kekuatan tekan), dan struktur makro.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Dengan dilakukannya pengujian laboratorium diharapkan adanya manfaat dari penelitian ini, yaitu :

1. Pengembangan Akademis

Riset dan pengembangan dapat menerapkan ilmu yang telah dipelajari, memberi pengetahuan hasil penelitian kepada penulis dan pembaca sebagai referensi pengembangan penelitian selanjutnya sehingga bermanfaat sebagai ilmu pengetahuan dan teknologi.

2. Pengembangan Industri

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi serta kemajuan industri sel bahan bakar (*fuel cell*) menggunakan bahan material karbon grafit sebagai bahan bakunya.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika yang digunakan dalam penulisan proposal tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

## BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini membahas landasan teori yang diperoleh dari literatur melandasi dan mendukung penelitian ini. Memberikan pemahaman singkat melalui penjelasan umum, uraian pengertian dan teori.

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini membahas tentang waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan, dan prosedur dalam pembuatan serta pengujian untuk menganalisis data yang diperoleh.

## **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini berisikan hasil penelitian dan pembahasan serta analisa dari hasil data yang diperoleh.

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini membahas kesimpulan dan saran berisikan simpulan dari hasil penelitian dan saran-saran yang dapat mendukung pengembangan dalam penelitian selanjutnya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Komposit

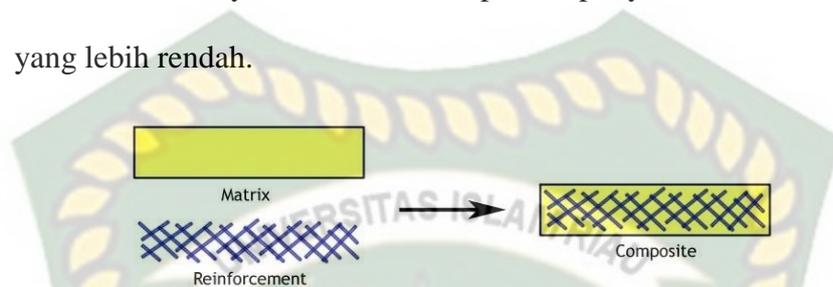
Komposit dapat kita artikan kombinasi antara dua maupun lebih, dari tiga bahan yang memiliki sejumlah sifat yang tidak mungkin dimiliki oleh masing-masing komponennya (Surdia, 2008).

Komposit adalah struktur yang dibuat dari bahan-bahan yang berbeda-beda, ciri-cirinya pun tetap terbawa setelah komponen terbentuk sepenuhnya. Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya.

Gabungan dua atau lebih bahan merupakan suatu konsep yang diperkenalkan untuk menerangkan definisi komposit. Walaupun demikian definisi ini terlalu umum, karena komposit ini merangkumi semua bahan termasuk plastik yang diperkuat dengan serat, logam *alloy*, keramik, kopolimer, plastik berpengisi atau apa saja campuran dua bahan atau lebih untuk mendapatkan suatu bahan yang baru.

Komposit memiliki sifat mekanik yang lebih bagus dari logam, kekakuan jenis (modulus *Young/density*) dan kekuatan jenisnya lebih tinggi dari logam. Beberapa lamina komposit dapat ditumpuk dengan arah orientasi serat yang berbeda, gabungan lamina ini disebut sebagai laminat. Komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu:

1. Penguat (*Reinforcement*), yang mempunyai sifat kurang elastis tetapi lebih kaku serta lebih kuat.
2. Matriks, umumnya lebih elastis tetapi mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih rendah.



Gambar 2.1. Mekanisme Susunan Komposit  
(Sumber : Schwarz M, 1984)

## 2.2 Klasifikasi Komposit

Klasifikasi bahan komposit dapat dibentuk dari sifat dan strukturnya. Bahan komposit dapat diklasifikasikan kedalam beberapa jenis. Secara umum klasifikasi komposit yang sering digunakan antara lain seperti :

1. Klasifikasi menurut kombinasi material utama, seperti *metal-organic* atau metal *anorganic*.
2. Klasifikasi menurut karakteristik *bult-from*, seperti *system matrik* atau *laminat*.
3. Klasifikasi menurut distribusi unsur pokok, seperti *continous* dan *disontinous*.
4. Klasifikasi menurut fungsinya, seperti *electrical* atau *structural*.

Secara umum bahan komposit terdiri dari dua macam, yaitu bahan komposit partikel (*particulate composite*) dan bahan komposit serat (*fiber composite*). Bahan komposit partikel terdiri dari partikel-partikel yang diikat oleh

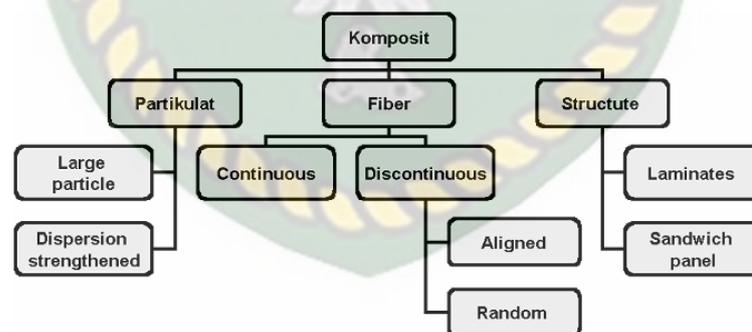
matrik. Bentuk partikel ini dapat bermacam-macam seperti bulat, kubik, tetragonal atau bahkan berbentuk yang tidak beraturan secara acak. Sedangkan bahan komposit serat terdiri dari serat-serat yang diikat oleh matrik. Bentuknya ada dua macam yaitu serat panjang dan serat pendek.

### 2.3 Bagian Utama Komposit

Bagian utama komposit terdiri dari beberapa yaitu *reinforcement* dan matrik. Adapun *reinforcement* dan matrik adalah :

#### 2.3.1 Reinforcement

Salah satu bagian utama dari komposit adalah *reinforcement* (penguat) yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit seperti contoh serat. Serat (*fiber*) adalah suatu jenis bahan berupa potongan-potongan komponen yang membentuk jaringan memanjang yang utuh. Serat dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu serat alami dan serat sintesis.



Gambar 2.2. Pembagian komposit berdasarkan bentuk dari reinforcement-nya  
(Sumber : Nayiroh, 2015)

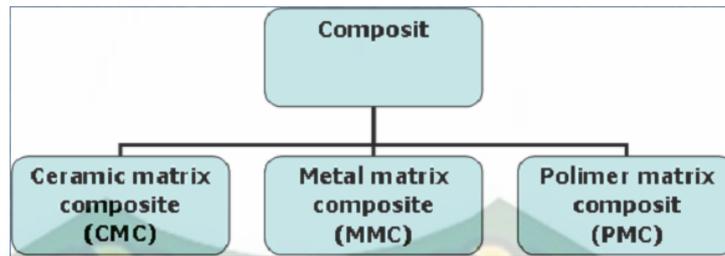
Secara garis besar ada tiga macam jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakannya, yaitu :

1. Komposit Partikel (*Particulate Composites*) merupakan komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya.
2. Komposit Serat (*Fibrous Composites*) merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat (*fiber*). Serat (*fiber*) yang digunakan bisa berupa *glass fibers*, *carbon fibers*, *aramid fibers (poly aramide)*, dan sebagainya.
3. Komposit Laminat (*Laminated Composites*) merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.

Sehingga komposit dapat disimpulkan adalah sebagai dua macam atau lebih material yang digabungkan atau dikombinasikan dalam skala makroskopis (dapat terlihat langsung oleh mata) sehingga menjadi material baru yang lebih berguna.

### 2.3.2 Matriks

Matriks merupakan fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau dominan. Matriks dalam komposit berfungsi sebagai bahan mengikat serat menjadi sebuah unit struktur, melindungi dari kerusakan eksternal, meneruskan atau memindahkan beban eksternal pada bidang geser antara serat dan matriks, sehingga matriks dan serat saling berhubungan.



Gambar 2.3 Pembagian komposit berdasarkan bentuk dari matriksnya  
(Sumber : Nayiroh, 2015)

Secara garis besar ada 3 macam jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakannya, yaitu :

1. Komposit Matrik Keramik (*Ceramical Matrik Composite* - CMC)

Komposit matrik keramik merupakan material dua fasa dengan satu fasa berfungsi sebagai *reinforcement* dan satu fasa berfungsi sebagai matrik yang terbuat dari keramik. Pembuatan CMC ini yaitu dengan proses DIMOX dimana proses ini pembentukan komposit dengan reaksi oksidasi leburan logam untuk pertumbuhan matrik keramik disekeliling area penguat (*filler*).

Matrik yang digunakan pada komposit matrik keramik ini adalah :

- a. Gelas anorganic
- b. Keramik gelas
- c. Alumina
- d. Silicon Nitrida

2. Komposit Matrik Logam (*Metal Matrik Composite* - MMC)

Komposit matrik logam merupakan salah satu jenis komposit yang memiliki matrik logam. Material ini mulai dikembangkan dari tahun 1996. Pada awalnya yang diteliti adalah Continuos Filamen MMC yang digunakan dalam aplikasi aerospace.

Matrik pada komposit matrik logam ini adalah :

- a. Memiliki keuletan yang tinggi
  - b. Memiliki titik lebur yang rendah
  - c. Mempunyai densitas yang rendah
3. Komposit Matrik Polimer (*Polymer Matrix Composite* - PMC)

Bahan komposit matrik polimer ini adalah bahan komposit yang sangat sering kita digunakan, bahan ini menggunakan suatu polimer berbahan resin sebagai matriknya dan suatu jenis serat seperti karbon, kaca dan aramid sebagai penguatnya.

Matrik yang digunakan pada komposit matrik polimer ini adalah :

- a. *Thermoplastic*

*Thermoplastic* merupakan plastik yang dilunakkan berulang kali (*recycle*) menggunakan panas. *Thermoplastic* ini merupakan polimer yang akan menjadi keras jika didinginkan. *Thermoplastic* akan meleleh pada suhu tertentu dan melekat mengikuti perubahan suhu yang mempunyai sifat dapat balik (*reversible*) kepada sifat aslinya yaitu dapat mengeras bila didinginkan. Contoh dari *thermoplastic* ini seperti *polyester*, *nylon 66*, *PP*, *PTFE*, *PET*, *Polieter Sulfon*, *PES*, dan *Polieter Eterketon* (PEEK).

- b. *Thermoset*

*Thermoset* merupakan plastik yang dilunakkan tidak bias berulang kali. *Thermoset* tidak dapat mengikuti perubahan suhu (*Irreversible*). Pemanasan yang tinggi tidak akan melukakkan *thermoset* melainkan akan membentuk arang dan terurai karena sifatnya sering digunakan sebagai

tutup ketel seperti jenis-jenis melamin. Contoh dari *thermoset* ini seperti Epoksida, Bismaleimida (BMI) dan Poli-imida (PI).

Matriks juga memiliki fungsi sebagai berikut :

- a. Mentransfer tegangan ke serat
- b. Membentuk ikatan koheren, permukaan matrik/serat.
- c. Melindungi serat.
- d. Memisahkan serat.
- e. Melepaskan ikatan
- f. Tetap stabil setelah proses manufaktur.



Gambar 2.4. Ilustrasi matriks pada komposit  
(Sumber : Nayiroh, 2015)

## 2.4 Jenis-jenis Komposit

Ditinjau dari unsur pokok penyusun komposit, maka komposit dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, antara lain yaitu :

- a. Komposit lapis

Komposit lapis merupakan jenis komposit yang terdiri atas dua lapis dan atau lebih yang digabung menjadi satu dimana setiap lapisannya memiliki karakteristik berbeda. Sebagai contoh adalah *polywood*

*Laminated Glass* yang merupakan komposit yang terdiri dari lapisan serat dan lapisan matriks.

b. Komposit Serpihan

Komposit serpihan terdiri atas serpih-serpih yang saling menahan dengan mengikat permukaan atau dimasukkan kedalam matriks. Sifat-sifat dengan khusus yang dapat diperoleh adalah bentuknya yang besar dan permukaannya yang datar.

c. Komposit serat

Komposit serat yaitu komposit yang terdiri dari serat dan matriks. Komposit jenis ini hanya terdiri dari satu lapisan. Serat yang digunakan dapat berupa serat sintesis (asbes, kaca, boron) atau serat organik seperti selulosa, polipropilena, polietilena bermodulus tinggi, sabut kelapa, ijuk dll.

d. Komposit partikel

Komposit partikel yang dihasilkan dengan menempatkan partikel-partikel dan sekaligus mengikatnya dengan suatu matriks bersama-sama. Contoh komposit partikel yang sering dijumpai adalah beton, dimana butiran-butiran pasir diikat bersama dengan matriks semen, komposit partikel.

## 2.5 Metoda Pembuatan Komposit

Secara garis besar metoda pembuatan material komposit ini terdiri dari beberapa bagian, diantaranya :

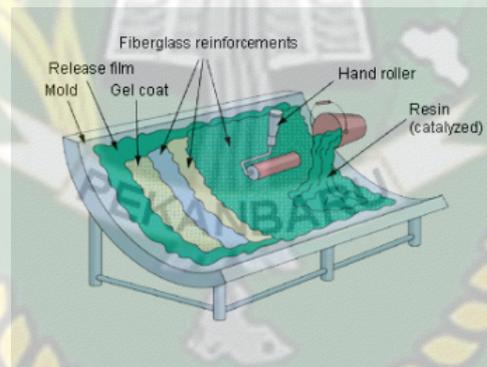
a. Proses Cetakan Terbuka

b. Proses Cetakan Tertutup

**2.5.1 Proses Cetakan Terbuka**

a. *Contact Molding/Hand Lay Up*

*Hand lay Up* dapat kita artikan metoda yang paling sangat sederhana dan merupakan proses dengan metoda terbuka dari proses fabrikasi komposit. Proses dari pembuatan dengan metoda ini adalah dengan beberapa trik, menyurahkan resin dengan tangan kedalam serat yang berbentuk anyaman, rajuan atau kain kemudian kita berikan tekanan sekaligus ratakannya menggunakan rol atau kuas. Pada metoda ini resin yang paling sering digunakan adalah *polyster* dan *expoxies*.

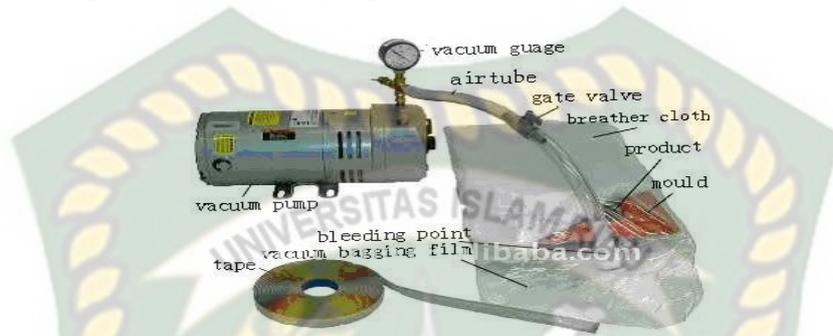


Gambar 2.5. Proses Pencetakan dengan Hand Lay Up  
(Sumber : Schwardz M, 1984)

b. *Vacuum Bag*

Pada proses *Vacuum Bag* ini merupakan bagian dari penyempurnaan dari *hand lay up* dimana pada proses ini dapat menghilangkan udara yang tertangkap dan kelebihan resin. Pada proses ini biasanya pompa *vacuum* untuk menghisap udara yang ada dalam tempat ditaruknya komposit yang akan dilakukannya proses

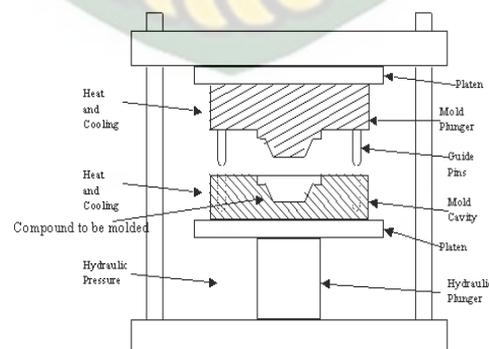
pencetakan. Dibandingkan *hand lay up*, metode *vacuum bag* ini memberikan penguatan pada konsentrasi yang lebih tinggi antara lain lapisan dan *control* yang lebih rasio kaca.



Gambar 2.6. Proses Pencetakan dengan Vacuum Bag  
(Sumber : Schwarz M, 1984)

c. *Pressure Bag*

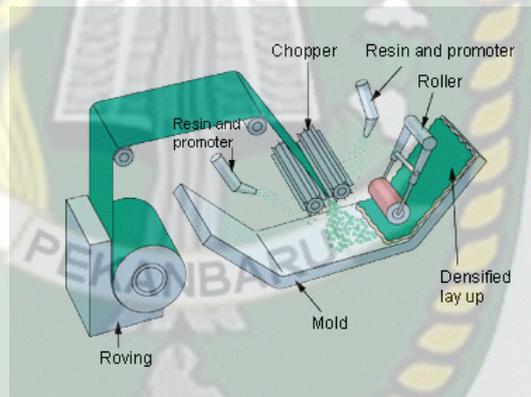
Pada proses *Pressure Bag* ini mempunyai kemiripan dengan *Vacuum Bag*, hanya saja cara ini lebih tidak menggunakan pompa *vacuum* akan tetapi menggunakan udara atau uap bertekanan yang kita masukkan melalui suatu tempat yang elastis. Biasanya tekanan yang diberikan pada proses ini adalah kisaran tiga puluh (30) sampai lima puluh (50) psi.



Gambar 2.7. Proses Pencetakan dengan Pressure Bag  
(Sumber : Schwarz M, 1984)

d. *Spray-Up*

Pada proses *Spray-Up* ini merupakan satu metode cetakan yang terbuka yang dapat memberikan bagian-bagian yang sangat kompleks dan lebih ekonomis disamping *hand lay Up*. Pada proses ini *spray-up* dilakukan dengan cara penyemprotan serat yang telah melalui tempat pemotongan. Sementara itu resin yang telah dicampuri katalis juga disemprotkan secara bersamaan pada pencetakan *spray-up* yang telah dipersiapkan.



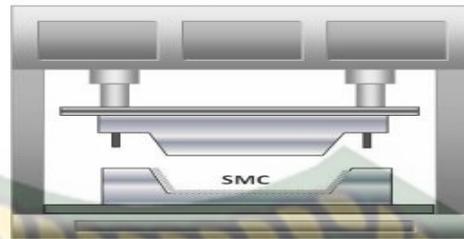
Gambar 2.8. Proses Pencetakan dengan Spray-Up  
(Sumber : Schwarz M, 1984)

## 2.5.2 Proses Cetakan Tertutup

a. Proses Cetakan Tekan (*Compression Molding*)

Pada proses cetakan ini harus menggunakan *hydraulic* untuk penekannya. Fiber yang telah dicampur resin dimasukkan kedalam rongga cetakan kemudian lakukan penekanan dan pemanasan.

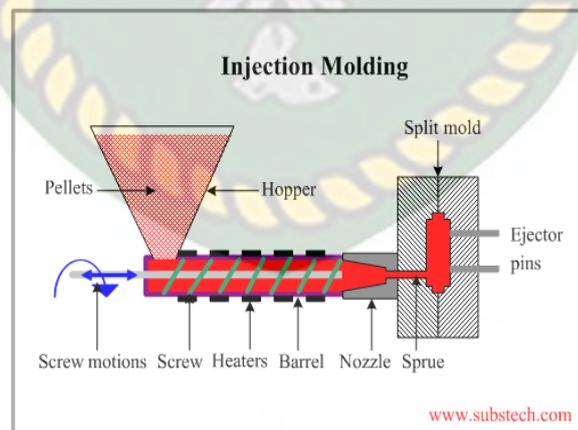
### Compression Molding



Gambar 2.9. Proses Pencetakan dengan *Compression Molding*  
(Sumber : Schwarz M, 1984)

### b. *Injection Molding*

Pada proses cetakan ini dengan menyuntikkan bahan cair kedalam cetakan dan kemudian cetakan injeksi ini dapat dilakukan dengan sejumlah bahan terutama termasuk logam, gelas, elastomer, kionveksi dan polimer termoplastik dan termoset. Bahan untuk bagian yang dimasukkan kedalam tong dipanaskan lalu dicampur dan disuntikkan kedalam rongga cetakan.



Gambar 2.10. Proses Pencetakan dengan *Hand Injection Molding*  
(Sumber : Schwarz M, 1984)

## 2.6 Karbon

Karbon merupakan unsur kimia yang mempunyai simbol C dengan nomor atom enam (6) dan termasuk unsur golongan IV A pada table periodik. Karbon merupakan unsur non-logam dan bervalensi 4 (tetravalen), yang berarti bahwa terdapat empat elektron yang dapat digunakan untuk membentuk ikatan kovalen.

Karbon merupakan salah satu bahan nano material yang saat ini sedang diteliti oleh banyak ilmuwan. Nanomaterial ini memiliki sifat fisis yang sangat menarik untuk diteliti oleh para ilmuwan diantaranya dapat mengalirkan arus listrik, memiliki sifat konduktivitas termal yang baik, dan sifat mekanik yang sangat kuat. Karbon merupakan salah satu material yang memiliki beragam bentuk, diantaranya karbon koloidal, *nanotube*, *fullerene*, *graphene*, *nanofiber*, *nanowire*, karbon aktif dan karbon grafit (Cui, 2010).

### 2.6.1 Alotrop Karbon

Alotrop karbon merupakan senyawa yang terbentuk dari atom unsur karbon dengan struktur yang berbeda. Grafit, intan, *fullerene* dan karbon amorf merupakan contoh dari alotrop karbon. Semua alotrop karbon berbentuk padat dalam kondisi normal, tetapi grafit merupakan alotrop karbon yang paling stabil secara termodinamik diantara alotrop-alotrop lainnya.

### 2.6.2 Grafit

Grafit merupakan alotrop karbon yang dapat menghantarkan arus listrik dan panas dengan baik. Karena sifat inilah grafit biasanya digunakan sebagai elektroda pada sel elektrolisis. Dalam struktur grafit setiap atom karbon membentuk ikatan kovalen dengan tiga atom karbon lainnya membentuk susunan

heksagonal dengan struktur berlapis seperti tumpukan kartu. Karena atom karbon memiliki empat (4) elektron valensi maka pada setiap atom karbon masih terdapat satu elektron yang belum berikatan (elektron bebas).



Gambar 2.11. Grafit  
(Sumber : Akbar, 2016)

Sifat daya hantar listrik yang dimiliki oleh grafit dipengaruhi oleh elektron-elektron yang tidak digunakan untuk membentuk ikatan kovalen. Elektron-elektron ini tersebar secara merata pada setiap atom C karena terjadi tumpang tindih orbital seperti pada ikatan logam yang membentuk awan atau lautan elektron. Oleh sebab itu ketika diberi beda potensial, elektron-elektron yang terdelokalisasi sebagian besar akan mengalir menuju anoda (kutub Positif), aliran elektron inilah yang menyebabkan arus listrik dapat mengalir. Sedangkan ketika salah satu ujung dipanaskan maka elektron-elektron ini akan segera berpindah menuju bagian grafit yang memiliki suhu lebih rendah. Struktur grafit seperti yang tertera pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.12. Struktur grafit  
(Sumber : Smallman dan Bishop, 2000)

### 2.6.3 Sifat dan Kegunaan Grafit

Grafit memiliki beberapa sifat dan kegunaan diantaranya sebagai berikut :

- a. Memiliki titik leleh tinggi. hal ini disebabkan ikatan koivalen yang terbentuk sangat kuat sehingga diperlukan energi yang tinggi untuk memutuskannya.
- b. Memiliki sifat lunak, terasa licin dan digunakan pada pensil setelah dicampur tanah liat.
- c. Tidak larut dalam air dan pelarut organik, karena tidak mampu mensolvasi molekul grafit yang sangat besar.
- d. Grafit memiliki massa jenis yang kecil, karena pada strukturnya terdapat ruang-ruang kosong antara lipatannya.
- e. Berupa konduktor listrik dan panas yang baik. Karena sifat ini grafit digunakan sebagai anoda pada baterai (*sel leclanche*) dan sebagai elektroda pada sel elektrolisis.

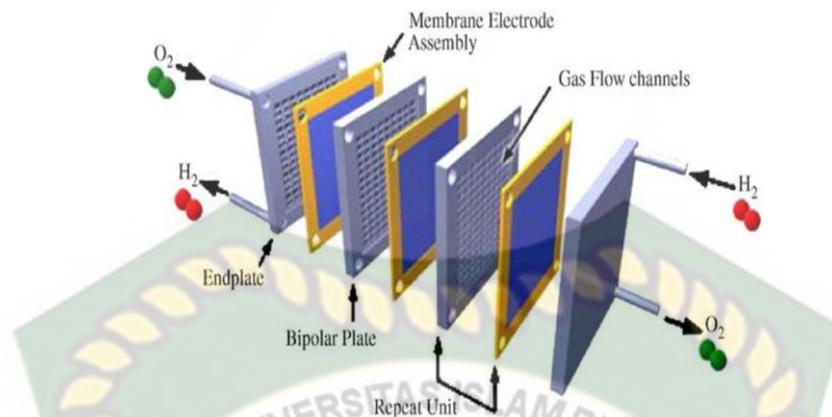
Tabel 2.1 Sifat Grafit

Sifat Fisik	Satuan SI	Nilai
Densitas	g/cm <sup>3</sup>	2,23
Bentuk Allotropik	-	Kristalin
Titik Lebur	°C	3700 100
Titik Didih	°C	4830
<b>Sifat Thermal</b>		
Konduktivitas Panas	Kal/gram °C	0,057
Tahanan Listrik	Ohm	1,375 x 106

(Sumber : Tomo, 2010)

## 2.7 PEMFC

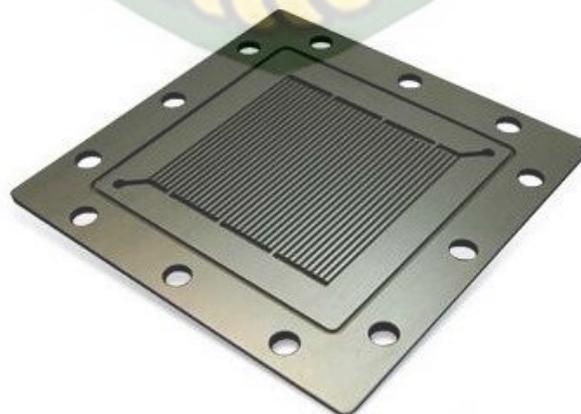
PEMFC (*Polymer Electrolit Membrane Fuel Cell*) merupakan sebuah perangkat elektrokimia yang mengubah secara langsung energy kimia bahan bakar menjadi nergi listrik melalui reaksi berpasangan oksidasi-reduksi (Yuhua, 2006). PEMFC memiliki beberapakomponen primer yang memegang perananpenting dalam menjalankan fungsi dari PEMFC itu sendiri, diantaranya membrane electrolyteassembly (MEA),gas diffuslayer, gasket pelat bipolar, kolektor arus dan endplate. Berikut disajikan komponen-komponen dalam gambar 2.13.



Gambar 2.13 Komponen PEMFC  
(Sumber : Tsuchiya, 2005)

### 2.7.1 Pelat Bipolar

Pelat bipolar berfungsi sebagai elemen dari *membrane fuel cell* yang berfungsi sebagai penukar proton pada selaput bahan bakar sel, dimana polimer dipakai sebagai map dan grafit digunakan untuk mengisi energi listrik untuk memberikan tekanan pada pergerakan arus listrik didalam *fuel cell*. Efek dari ukuran partikel grafit dan bentuknya akan berpengaruh pada kinerja pelat bipolar, seperti konduktivitas listrik, kekuatan dan *mechanical properties* lainnya (Zhang Jie Dkk., 2005). Pada gambar 2.14 adalah contoh hasil pelat bipolar untuk sel bahan bakar PEMFC pada kondisi penekanan 10 kPa dan temperatur 100°C.



Gambar 2.14 Pelat Bipolar PEMFC  
(Sumber : Lubin, 1982)

## 2.8 Polimer

Polimer adalah suatu molekul raksasa (*makromolekul*) yang terbentuk dari susunan ulang molekul kecil yang terikat melalui ikatan kimia disebut polimer (*poly* = banyak ; *mer* = bagian). Suatu polimer akan terbentuk bila seratus atau seribu unit molekul yang kecil (*monomer*), saling berikatan dalam suatu rantai. Jenis-jenis monomer yang saling berikatan membentuk suatu polimer terkadang sama atau berbeda (Januastuti, 2015).

Polimer didefinisikan sebagai makromolekul yang dibangun oleh pengulangan kesatuan kimia yang kecil dan sederhana yang setara dengan monomer, yaitu bahan pembuat polimer. Penggolongan polimer berdasarkan asalnya yaitu yang berasal dari alam (polimer alam) dan polimer yang sengaja dibuat manusia (polimer sintesis).

## 2.9 Jenis-jenis Resin

Molekul besar (*makro molekul*) yang terbangun oleh susunan unit ulangan kimia yang kecil sederhana dan terikat oleh kovalen. Unit ulangan ini biasanya setara atau hamper setara dengan *monomer* yaitu bahan awal dari polimer. Sumber polimer dibagi dua yaitu alami seperti Pati, Selulosa, Protein, Lipid, Asam Nukleat dan Sintetik contohnya Polietilena, Polivinil Klorida. Cara pembuatan dibagi menjadi dua proses yaitu polimer adisi dan polimer kondensasi.

### 2.9.1 Resin Amino

Resin amino adalah resin *thermoset* yang dibentuk oleh kopolimerisasi senyawa amino dengan aldehida. Resin amino digunakan dalam panel kayu,

pelapis, laminasi, senyawa cetakan, perekat dan industri lainnya. Resin amino sebagian besar digunakan sebagai perekat dalam panel kayu seperti papan pertikel, MDF, kayu lapis dan lain-lain. Kinerja tinggi resin amino dalam hal kekuatan dan ketahanan pada panel kayu adalah penggerak utama pasar resin amino.

### 2.9.2 Resin Furan

Resin furan adalah oligomer thermosetting cair yang mengalami raksi ikatan silang ketika dipanaskan dan dicampur dengan katalis. Terutama dibuat dengan polimerisasi kondensasi *alcohol furfuryl biobased* dan turunannya dihadapan asam kuat. Untuk meningkatkan atau memodifikasi sifat-sifat mereka, mereka sering dikopolimerisasi dengan monomer lain seperti *formaldehida*, *fenol* dan *furfural*. Resin-resin ini tersedia dalam berbagai viskositas yang dapat menyembuhkan polimer yang memiliki ikatan silang tinggi.



Gambar 2.15. Resin Furan  
(Sumber : Broutman, 2012)

### 2.9.3 Resin Epoxy

Resin *epoxy* sangat banyak digunakan untuk keperluan seperti pengecoran dan kemudian dapat digunakan untuk *protector* alat listrik maupun digunakan sebagai campuran cat. Karena resin ini sangat tahan beban kejut maka

dalam penggunaannya sering digunakan untuk pembuatan cetakan tekan, panel-panel sirkuit untuk kelistrikan, tangka dan jig



Gambar 2.16. Resin *Epoxy*  
(Sumber : Broutman, 2012)

#### 2.9.4 Resin Silikon

Resin polimer dengan sifat silikon sebagai bahan dasar mempunyai sifat yang tentunya berbeda dengan bahan dasar plastik (atom karbon) lainnya. Sifat yang spesifiknya adalah untuk tahan terhadap suhu yang lebih tinggi (stabilitas). Kadap air oleh karena itu sering digunakan untuk permakaian membuat minyak gemuk/fat resin perekat dan kemudian karet sintesis.



Gambar 2.17. Resin Silikon  
(Sumber : Michael H, 1998)

### 2.9.5 Resin Polyester

Resin *polyester* adalah resin sintesis tak jenuh yang dibentuk oleh reaksi asam *organic dibasic* dan *alcohol plohidrik*, *meleic anhydride* adalah bahan baku yang umum digunakan dengan fungsi diasid. Resin ini dikenal untuk pembuatan kapal, resin ini cukup banyak dijual dipasaran khususnya di Indonesia dengan warna yang tentunya berbeda-beda. Proses pengerasan resin ini adalah resin akan melalui mengeras setelah dicampur dengan katalis yang biasanya dijual sepaket dengan resin *polyester* dan dalam waktu 5-10 menit maka resin akan mengeras.



Gambar 2.18. Resin Polyester  
(Sumber : Michael H, 1998)

### 2.9.6 Resin Akrilik

Resin akrilik ini adalah resin yang memiliki daya tembus cahaya yang sangat baik dan kemudian resin akrilik ini sangat tahan terhadap kelembaban.



Gambar 2.19. Resin Akrilik  
(Sumber : Michael H, 1998)

### 2.9.7 Resin Vinil

Resin Vinil berbeda dengan resin-resin lainnya karena resin ini sangat mudah untuk kita jumpai dipasaran. Resin ini sebagai (*polivinil klorida*) *polivinil* yang artinya butiran dan *poliviniliden klorida* yang melalui suatu proses cetak lalu ditekan. Resin ini dapat menghasilkan lembaran untuk pelapis permukaan yang kaku maupun fleksibel.



Gambar 2.20. Resin Vinil  
(Sumber : Michael H, 1998)

### 2.9.8 Resin Damar (Lem Kopal)

Kopal adalah hasil olahan getah (resin) yang disadap dari batang damar (*agasthis alba* dan beberapa *agasthis* lainnya) serta dari batang pohon anggota suku *Burseraceae* (*Bursera*, *protium*). Getah ini telah dimanfaatkan berbagai

bidang, antara lain cat, tinta, pernis, kemenyan, dan bahan perekat seperti kapal. Kopal mencakup sekelompok besar resin yang ditandai dengan kekerasan dan titik leleh yang relatif tinggi. Mereka adalah salah satu jenis resin alami terbaik untuk digunakan dalam pernis dan cat formulasi dan merupakan bahan dasar bagi cairan pelapis kertas supaya tinta tidak menyebar.

#### A. Jenis-jenis damar

Adapun jenis-jenis damar yang terdapat dalam lingkungan yaitu damar batu dan damar mata kucing sebagai berikut :

##### a. Damar batu

Damar batu merupakan damar bermutu rendah berwarna coklat kehitaman yang keluar dengan sendirinya dari pohon terluka. Gumpalan-gumpalan besar yang jatuh dari kulit pohon dapat dikumpulkan dengan mengenali tanah di sekeliling pohon. Seperti yang terlihat pada gambar 2.20.



Gambar 2.21. Damar Batu  
(Sumber : Zaihnudin, 2018)

b. Damar mata kucing

Damar mata kucing merupakan damar yang bening atau kekuningan yang bermutu tinggi, sebanding dengan kopal yang dipanen dengan cara melukai kulit pohon.



Gambar 2.22. Damar Mata Kucing  
(Sumber : Zaihnuhin, 2018)

**Tabel Sifat Damar**

Sifat Fisik	Satuan SI	Nilai
Densitas	$\text{g/cm}^3$	1,0824
Bentuk Allotropik	-	Kristalin
Titik Lunak	$^{\circ}\text{C}$	67-80
Titik Didih	$^{\circ}\text{C}$	96-114
<b>Sifat Thermal</b>		
Konduktivitas Panas	Kal/gram $^{\circ}\text{C}$	0,057

(Sumber : Zulnely dkk., 1994)

## 2.10 Konduktivitas Listrik

### 2.10.1 Resistivitas

Resistivitas material adalah resistansi terhadap aliran arus listrik dengan beberapa material menolak aliran arus lebih dari yang lain. Hukum ohm

menyatakan bahwa ketika sumber tegangan ( $V$ ) diterapkan antara dua titik dalam satu rangkaian, arus listrik ( $I$ ) akan mengalir diantara mereka didorong oleh adanya perbedaan potensial antara dua titik ini. Jumlah arus listrik yang mengalir dibatasi oleh jumlah resistansi ( $R$ ) yang ada. Dengan demikian tegangan mendorong arus listrik untuk mengalir (pergerakan muatan) akan tetapi resistansi lah yang akan menghambatnya. Jadi resistivitas listrik disimpulkan bahwa suatu ukuran seberapa kuat material tersebut menentang aliran arus listrik yang melaluinya.

### 2.10.2 Konduktansi

Konduktansi ( $G$ ) adalah kebalikan menurut resistansi dengan unit konduktansi sebagai siemens ( $S$ ) dan diberi simbol ohm terbalik ( $\Omega^{-1}$ ). Jika waktu sebuah konduktor memiliki konduktansi 1 siemens ( $1S$ ) dia memiliki resistansi 1 ohm ( $1 \Omega$ ), jadi apabila resistansinya berlipat ganda maka konduktansi menjadi  $\frac{1}{2}$  dan sebaliknya menjadi: siemens =  $1/\text{ohm}$ , atau ohm =  $1/\text{siemens}$ .

### 2.10.3 Konduktivitas

Konduktivitas ( $\sigma$ ) adalah kebalikan dari resistivitas yaitu  $1/\rho$  dan diukur dalam siemens per sentimeter ( $S/\text{cm}$ ). Konduktivitas dapat diartikan sebagai efisiensi dimana konduktor melewatkan arus listrik atau sinyal tanpa kehilangan resistif. Oleh karena itu material atau konduktor yang memiliki konduktivitas tinggi akan memiliki resistivitas rendah dan begitu juga sebaliknya. Hal ini disebabkan karena 1 siemens ( $S$ ) sama dengan satu ( $1$ )  $\Omega^{-1}$ .

## 2.11 Pengujian Komposit

Adapun jenis pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian konduktivitas listrik, kekuatan tekan dan struktur makro sebagai berikut:

### 2.11.1 Pengujian Konduktivitas Listrik

Konduktivitas listrik adalah kemampuan suatu bahan untuk menghantarkan arus listrik. Konduktivitas listrik merupakan sifat material yang berbanding terbalik dengan resistivitas listrik. Konduktivitas listrik dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{1}{K} \dots\dots\dots \text{Pers. (2.1)}$$

Dimana:

$\sigma$  = Konduktivitas Listrik (S/cm)

$K$  = Resistivitas Listrik ( $\Omega$ /cm)

Resistivitas listrik berbanding terbalik dengan konduktivitas listrik. Untuk mengukur konduktivitas dan resistivitas listrik digunakan metode *two point probe* dengan alat LCR meter. Metode ini mudah diimplementasikan karena hanya menggunakan dua probe pada pengukurannya. Pada pengukuran resistivitas akan didapatkan resistansi total, namun yang ingin didapatkan adalah resistansi sampel (Schoder, 2006). Besaran fisis yang terukur pada LCR meter adalah konduktansi ( $G$ ), kemudian untuk mendapatkan nilai konduktivitas ( $\sigma$ ) digunakan hubungan:

$$\sigma = \frac{L}{A} \times \frac{1}{R} = \frac{L}{A} \times G \dots\dots\dots \text{Pers. (2.2)}$$

Dimana:

$L$  = Tebal bahan (cm)

$$A = \text{Luas alas pellet (cm}^2\text{)} \quad (A = \pi \cdot r^2)$$

R = Resistansi (ohm)

G = Konduktansi (Siemens)

$\sigma$  = Konduktivitas Listrik ( $S/cm$ )

### 2.11.2 Pengujian Kekuatan Tekan

Kekuatan tekan dan kekuatan tarik memiliki fungsi yang sama dimana pengujiannya adalah untuk mengetahui sifat mekanis dari suatu logam terhadap tarikan dimana sifat mekanis tersebut antara lain mengetahui titik luluh, titik penekanan maksimum, titik tarikan maksimum, titik titik putus dan karakter bahan (ulet dan getas), (Qolik, 1991).

Pada beberapa bahan uji yang dibuat sesuai panjang, spesimen akan melengkung jika diuji menggunakan pengujian tekan. Namun pengujian tekan ini masih diperlukan karena ada beberapa bahan yang memiliki perbedaan sehingga bahan tersebut berbeda pula sifat bahan dalam menerima pengujian tekan. Menurut Cahyaningtyas 2016, pengujian tekan ini dilakukan pada logam yang bersifat getas, karena bahan uji yang demikian memiliki titik hancur yang terlihat jelas pada saat dilakukan pengujian tekan.

Pada pengujian tekan berdasarkan ASTM D 3410 bisa didapatkan nilai-nilai sebagai berikut :

a. *Compressive Strength* (Kekuatan Tekan)

Untuk mendapatkan nilai kekuatan tekan menggunakan persamaan :

$$\sigma_c = P/A \dots\dots\dots \text{Pers. (2.3)}$$

Dimana :

$\sigma_c$  = Kekuatan Tekan (Mpa)

P = Gaya Pembebanan Max (N)

A = Luas Area (cm<sup>2</sup>)      ( $A = \pi \cdot r^2$ )

b. *Compressive Strain* (Regangan Tekan)

Untuk mendapatkan nilai kekuatan tekan menggunakan persamaan :

$$\varepsilon = \Delta_L / L_0 \dots\dots\dots \text{Pers. (2.4)}$$

Dimana :

$\varepsilon$  = Regangan Tekan

$\Delta_L$  = Perubahan Panjang

$L_0$  = Panjang Awal

Regangan yang digunakan untuk kurva dengan tegangan regangan rekayasa adalah regangan rata-rata yang diperoleh dengan membagi perpanjangan spesimen dengan panjang awalnya.

c. *Compressive Modulus of Elasticity* (Modulus Elastisitas)

Untuk mendapatkan nilai kekuatan tekan menggunakan persamaan :

$$E^c = \Delta_\sigma / \Delta_\varepsilon = \frac{F_2 - F_1}{\frac{A}{L_2 - L_1}} \dots\dots\dots \text{Pers. (2.3)}$$

Dimana :

$E^c$  = Modulus Elastisitas

$\Delta_\sigma$  = Perubahan Kekuatan Tekan

$\Delta_\varepsilon$  = Perubahan Regangan

$l_0$  = Panjang Awal

$L_2, L_1$  = Travel

$F_2, F_1$  = Force

A = Luas Area

Modulus elastisitas adalah ketahanan deformasi elastis material ketika diberi beban tertentu. Modulus elastisitas diperoleh dari membagi perubahan tegangan dengan perubahan tegangan.

### 2.11.3 Pengujian Struktur Makro

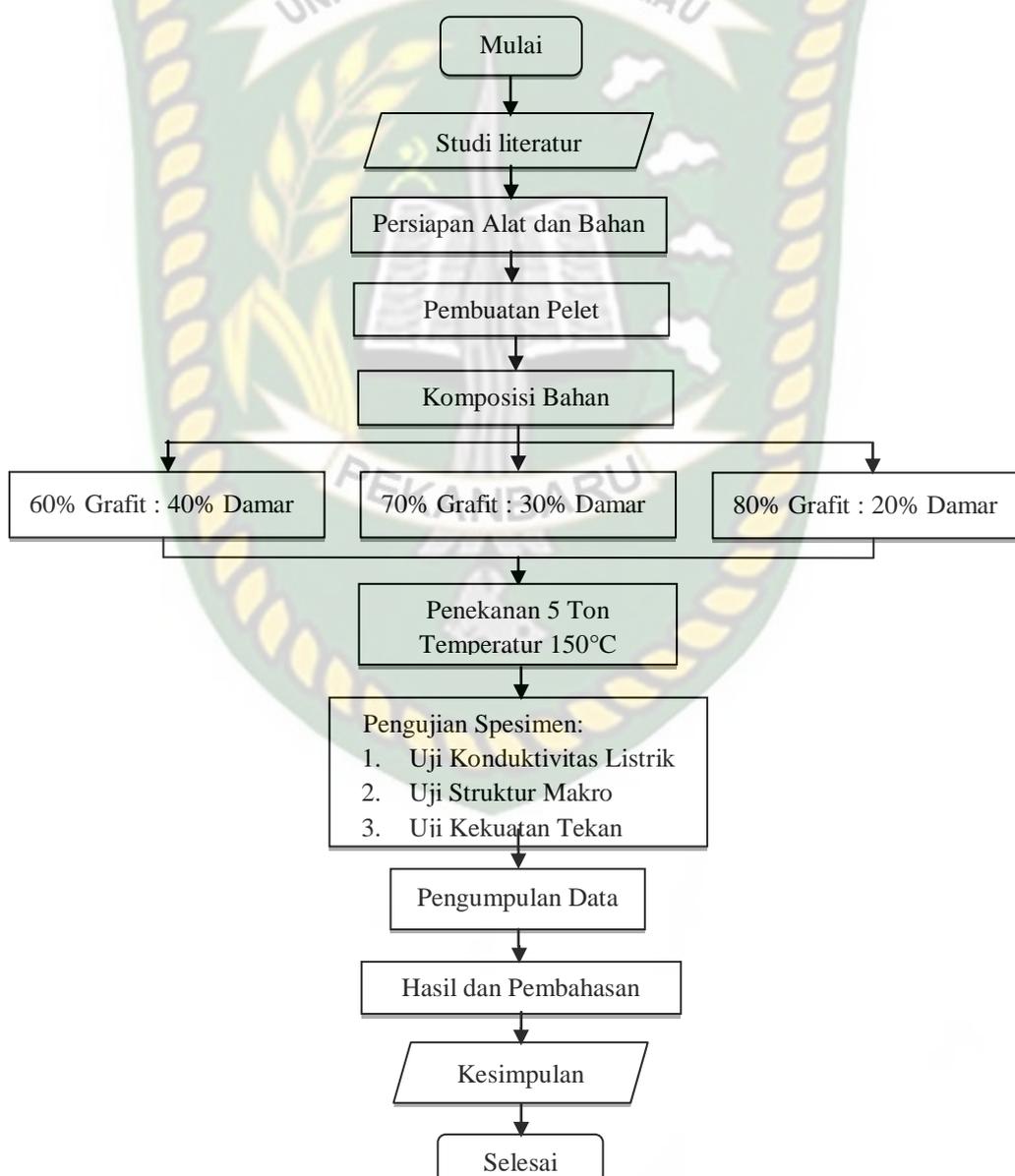
Struktur makro merupakan gambaran dari kumpulan fasa-fasa yang dapat diamati melalui teknik metalografi. Struktur makro suatu spesimen uji dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir

Metode Penelitian merupakan langkah-langkah yang dijadikan pedoman untuk melakukan penelitian. Langkah-langkah dalam melaksanakan penelitian akan diperlihatkan pada gambar 3.1 sebagai berikut ini:



Gambar 3.1 Diagram alir pengujian

### **3.2 Waktu dan Tempat**

Adapun waktu dan tempat dalam melakukan penelitian adalah sebagai berikut ini :

#### **3.2.1 Waktu**

Waktu yang digunakan dalam pengerjaan penelitian ini dimulai dari bulan Januari 2020 – Juli 2020.

#### **3.2.2 Tempat**

Tempat yang digunakan dalam pengerjaan penelitian ini diantaranya :

1. Penimbangan sampel serbuk di Laboratorium Biologi Universitas Islam Riau.
2. Pencetakan pelet komposit di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Islam Riau.
3. Pengujian Konduktivitas Listrik di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Islam Riau.
4. Pengamatan Struktur Makro di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Islam Riau.
5. Pengujian Kekuatan Tekan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Gajah Mada.

### **3.3 Alat dan Bahan Penelitian**

Alat dan bahan yang digunakan dalam pengerjaan penelitian ini adalah sebagai berikut :

#### **3.3.1 Alat Penelitian**

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Ayakan Mesh 200.



Gambar 3.2 Mesh 200

Merk :

Kegunaan : Untuk mengayak serbuk grafit dan damar

2. Timbangan Digital.

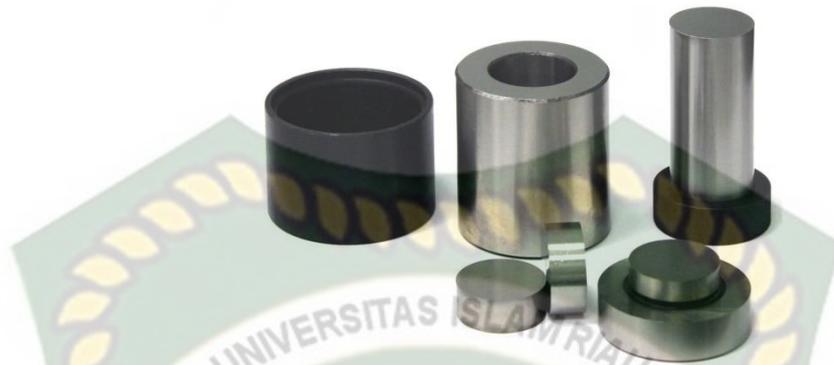


Gambar 3.3 Timbangan Digital

Merk : Ohaus

Kegunaan : Untuk mengukur berat dalam menentukan komposisi material grafit dan damar dengan ketelitian 0,0000

### 3. Cetakan Pelet Komposit



Gambar 3.4 *Pellet Mold*

Kegunaan : Media cetak pelet komposit

### 4. Pres Hidrolik



Gambar 3.5 Pres Hidrolik

Merk : *Krisbow*

Kegunaan : Untuk menekan mol dalam pembuatan pelet komposit.

### 5. Heater Mold



Gambar 3.6 Heater Mold

Kegunaan : Untuk mencairkan material damar saat penekanan berlangsung dalam pembuatan pelet komposit.

### 6. Panel Kontrol



Gambar 3.7 Panel Kontrol

Kegunaan : Untuk mengatur suhu

## 7. Alat Uji Konduktivitas Listrik



Gambar 3.8 Alat Uji Konduktivitas Listrik

Kegunaan : Untuk mengetahui konduktivitas listrik pada pelet komposit

## 8. Alat Uji Struktur Makro



Gambar 3.9 Alat Uji Struktur Makro

Merk : Olympus

Kegunaan : Untuk mengetahui struktur makro dari setiap spesimen yang diuji

### 9. Alat Uji Tekan



Gambar 3.10 Alat Uji Tekan

Kegunaan : Untuk menentukan kekuatan pada spesimen.

### 10. Sarung Tangan



Gambar 3.11 Sarung Tangan

Kegunaan : Sebagai media pelindung tangan dalam proses pengerjaan sampel

## 11. Plastik Ziplock



Gambar 3.12 Plastik Ziplock

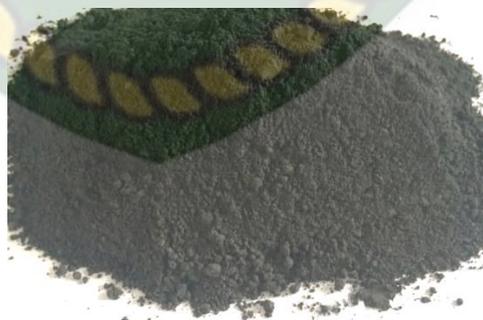
Kegunaan : Untuk menyimpan sampel serbuk

### 3.3.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada pembuatan pelet komposit ini adalah sebagai berikut :

#### 1. Serbuk Karbon Grafit

Serbuk karbon grafit digunakan sebagai bahan yang akan digunakan sebagai material penelitian. Seperti yang terlihat pada gambar 3.13



Gambar 3.13 Karbon Grafit

## 2. Serbuk Damar

Serbuk damar digunakan sebagai bahan pengikat dalam pembuatan pelet komposit. Seperti yang terlihat pada gambar 3.14.



Gambar 3.14 Serbuk Damar

### 3.4 Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini ada beberapa proses diantaranya menentukan volume cetakan, proses penimbangan serbuk, persiapan cetakan dan proses *compression molding*.

#### 3.4.1 Volume Cetakan

Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

##### a. Volume Cetakan

$$V_c = \pi \times r^2 \times t$$

Dimana :

$$V_c = \text{Volume Cetakan (cm}^3\text{)}$$

$$\pi = 3.14$$

$$r^2 = \text{Jari-jari (cm)}$$

$$t = \text{Tinggi (cm)}$$

$$V_c = 3,14 \times 1,272^2 \text{ cm}^2 \times 1,0 \text{ cm}$$

$$= 5,08 \text{ cm}^3$$

b. Fraksi Volume

Berat grafit tanpa damar

$$\text{Massa} = V_{\text{cetakan}} \times \text{grafit}$$

$$= 5,08 \text{ cm}^3 \times 2,23 \text{ g/cm}^3$$

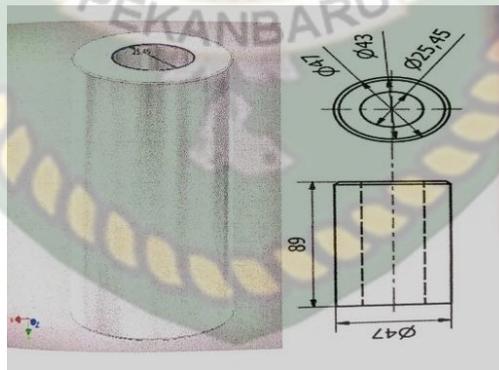
$$= 11,328 \text{ gram}$$

Berat damar tanpa grafit

$$\text{Massa} = V_{\text{cetakan}} \times \text{damar}$$

$$= 5,08 \text{ cm}^3 \times 1,0824 \text{ g/cm}^3$$

$$= 5,498 \text{ gram}$$



Gambar 3.15 Sketsa *Mold Pellet*

### 3.4.2 Proses Penimbangan Serbuk

Penimbangan serbuk disesuaikan dengan ukuran dari masing-masing fraksi volume yang ditentukan, adapun fraksi volume yang diambil sebagai berikut :

- a. Spesimen 1 dengan komposisi grafit dan damar (60:40)%

$$\begin{aligned}\text{Grafit} &= 60\% \times 11,328 \text{ gr} \\ &= 6,7968 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Damar} &= 40\% \times 5,498 \text{ gr} \\ &= 2,1992 \text{ gr}\end{aligned}$$

- b. Spesimen 2 dengan komposisi grafit dan damar (70:30)%

$$\begin{aligned}\text{Grafit} &= 70\% \times 11,328 \text{ gr} \\ &= 7,9296 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Damar} &= 30\% \times 5,498 \text{ gr} \\ &= 1,6494 \text{ gr}\end{aligned}$$

- c. Spesimen 3 dengan komposisi grafit dan damar (80:20)%

$$\begin{aligned}\text{Grafit} &= 80\% \times 11,328 \text{ gr} \\ &= 9,056 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Damar} &= 20\% \times 5,498 \text{ gr} \\ &= 1,0996 \text{ gr}\end{aligned}$$

### 3.4.3 Persiapan Cetakan

Tahapan berikutnya adalah dilakukannya persiapan cetakan untuk serbuk yang akan dilakukan kompaksi, adapun beberapa perlakuan yang dilakukan pada persiapan cetakan adalah :

1. Pembersihan cetakan dengan angin kompresor pada cetakan sampel, hal ini dilakukan agar serbuk yang akan dikompaksi tidak terkontaminasi dengan serbuk dari sampel lain yang tersisa.

2. Pelapisan rongga cetakan dengan bahan pelumas jenis Mirror Glaze agar proses kompaksi (penekanan) dapat dilakukan dengan mudah dan tidak terjadi hambatan serta pada saat pengambilan sampel tidak ada yang lengket pada cetakan.

#### **3.4.4 Proses *Compression Molding***

Proses *compression molding* dilakukan secara bertahap disesuaikan dengan besarnya tekanan dan temperature yang diberikan. Pada kompaksi ini dilakukan pada tekanan lima (5) ton dengan temperatur seratus lima puluh (150)°C.

### **3.5 Proses Pembuatan Pelet Komposit**

#### **3.5.1 Parameter Proses**

Beberapa parameter proses yang diterapkan dalam penelitian adalah meliputi :

1. Proses pembentukan material uji dalam penelitian ini adalah dengan proses pencampuran kedua bahan dengan menggabungkan kedua bahan tersebut secara manual.
2. Proses pengkompaksian pada penelitian ini dilakukan pada tekanan lima (5) ton. Diatas tekanan lima (5) ton berefek spesimen uji tidak bisa dibentuk.
3. Proses temperatur sintering dilakukan pada temperatur range 150°C.
4. Fraksi volume sebagai perbandingan antara bahan pengisi grafit dan pengikat damar, dilakukan pada komposisi 60% : 40%, 70% : 30%, 80% : 20%.

Waktu yang dibutuhkan untuk operasional peralatan *Compression Molding* sebagai alat untuk pembuatan specimen adalah sekitar 1 jam dengan pendinginan kontinyu.

### **3.6 Karakterisasi Pelet Komposit**

Pada penelitian ini pengujian yang akan dilakukan adalah uji konduktivitas listrik, uji tekan dan struktur makro.

#### **3.6.1 Pengujian Konduktivitas Listrik**

Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur nilai hambatan dari sampel/material *Pellet Conducting Polymer Composite*. Untuk mengetahui nilai konduktivitas listrik sampel dilakukan pengukuran konduktivitas listrik yang mengacu pada US-DOE, dilakukan menggunakan alat *Kheiley Electrometer* sebagai sumber arus konstan . Langkah-langkah pengukuran adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan sampel dengan komposisi.
2. Menyiapkan perangkat pengukuran konduktivitas listrik.
3. Nyalakan power (main power di bagian depan unit)
4. Pilih beban voltage V dan A (terletak diatas identator)
5. Pilih load yang dikehendaki.
6. Jepit sampel dengan metoda trough plane.
7. Sambungkan kutub positif dan negatif power supplay ke alat konduktivitas listrik.
8. Kemudian set multimeter untuk mengukur ohm nya.
9. Catat hasil pengujian pada tabel.

### 3.6.2 Pengujian Kekuatan Tekan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap takanan yang terjadi selama proses deformasi. Prosedur pengujian mengacu pada ASTM D 3410, untuk mendapatkan nilai kekuatan pada pelet komposit ini dilakukan pengujian dengan alat uji tekan. Berikut langkah kerjanya :

1. Ukur luasan benda uji.
2. Uji tekan dengan penambahan beban perlahan atau kecepatan 1 mm/menit sampai benda uji berubah bentuk atau pecah atau sudah tidak dapat menahan beban selanjutnya.
3. Catat hasil data pengujian pada tabel.

### 3.6.3 Pengujian Struktur Makro

Pengujian ini dilakukan untuk melihat unsur damar yang mengikat karbon grafit pada pelet komposit. Untuk mendapatkan Struktur makro pada spesimen uji dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop. Berikut beberapa tahap yang perlu dilakukan sebelum melakukan pengujian struktur :

- a. *Grinding* (Pengamplasan kasar)

Proses *grinding* dilakukan untuk menghaluskan dan meratakan permukaan spesimen uji yang bertujuan untuk menghilangkan retak dan goresan. Proses ini dilakukan secara bertahap dari ukuran amplas besar hingga ukuran kecil.

- b. Pemotretan

Pemotretan dilakukan untuk mendapatkan gambar dari struktur mikro dari spesimen uji setelah difokuskan dengan mikroskop.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Uji Konduktivitas Listrik

Pengujian konduktivitas listrik dilakukan untuk melihat kemampuan material komposit dalam menghantarkan arus listrik pada aplikasinya nanti. Dari pengujian yang dilakukan maka didapatkan hasil dari ketiga sampel sebagai berikut.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Konduktivitas Listrik Tanpa Hambatan Dimensi

No	Komposisi Fraksi volume (%)	Resistivitas ( $\Omega$ )	Volt	Amper
1	60:40	0,008	0,4	0,10
2	70:30	0,006	0,4	0,33
3	80:20	0,004	0,4	0,50

Tabel diatas adalah hasil dari pengujian menggunakan alat konduktivitas listrik dimana nilai yang didapat adalah nilai Resistivitas, Volt dan Ampere.

##### 1. Spesimen 1

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

$$G = \frac{1}{0,008} = 125$$

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

$$= \frac{0,925}{3,14 \cdot 1,272^2} \times 125$$

$$\sigma = 22,76 \text{ S/cm}$$

2. Spesimen 2

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

$$= \frac{1}{0,006} = 166,6$$

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

$$= \frac{0,924}{3,14 \cdot 1,272^2} \times 166,6$$

$$\sigma = 30,30 \text{ S/cm}$$

3. Spesimen 3

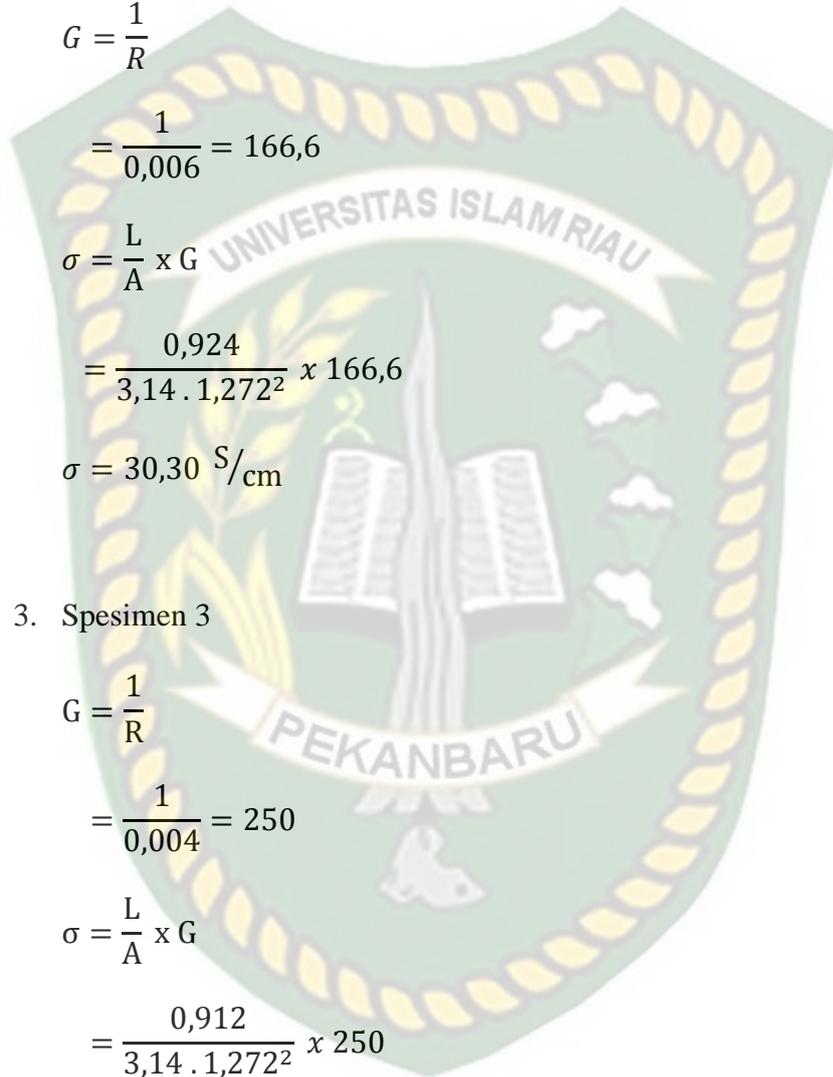
$$G = \frac{1}{R}$$

$$= \frac{1}{0,004} = 250$$

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

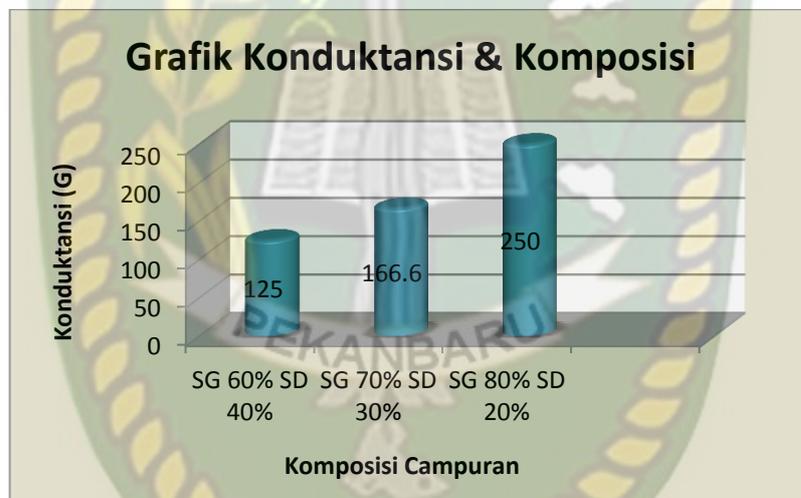
$$= \frac{0,912}{3,14 \cdot 1,272^2} \times 250$$

$$\sigma = 44,88 \text{ S/cm}$$



Tabel 4.2 Nilai Konduktivitas Listrik Dengan Hambatan Dimensi

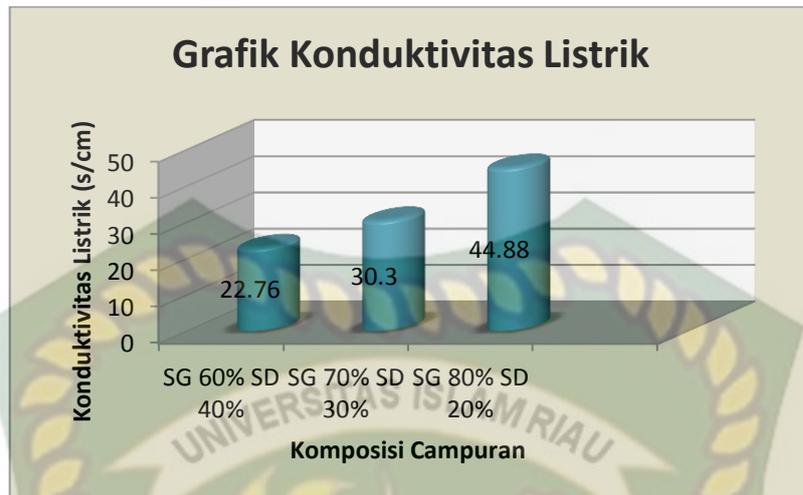
No	Komposisi Fraksi volume (%)	Konduktansi (G)	Konduktivitas Listrik ( $\sigma$ )
1	60:40	125	22,76
2	70:30	166,6	30,30
3	80:20	250	44,88



\*)SG : Serbuk Grafrit dan SD : Serbuk Damar

Gambar 4.1 Grafik Konduktansi dan Komposisi Campuran

Dari grafik yang didapatkan terlihat bahwa sampel tiga (SG 80% SD 20%) memiliki nilai konduktansi yang paling baik dibandingkan dengan sampel uji lainnya. Hal ini disebabkan karena kandungan bahan utama yang memiliki konduktansi listrik yang baik dimana kandungan karbon nya lebih banyak dari pada pengikat nya sehingga mampu meningkatkan nilai konduktansi rata-rata dari material komposit tersebut dengan cukup signifikan.



\*)SG : Serbuk Grafit dan SD : Serbuk Damar

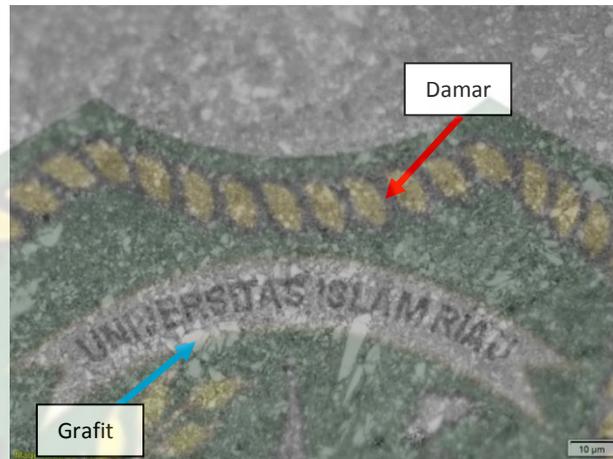
Gambar 4.2 Grafik Konduktivitas Listrik dan Komposisi Campuran

Perhitungan nilai konduktivitas listrik ini didapatkan dari rumus persamaan untuk mengetahui seberapa besar arus yang dihasilkan dari pengukuran nilai konduktansi yang telah dilakukan pada grafik 4.1 dimana hasil pengukuran konduktansi didapatkan setelah dikonversikan menggunakan rumus perhitungan.

#### 4.2 Pengamatan Struktur Makro

Uji struktur makro pada spesimen ini bertujuan untuk melihat susunan struktur makro pada spesimen pelet ini. Spesimen yang akan di uji adalah spesimen hanya menggunakan variasi perbandingan komposisi campuran antara serbuk karbon grafit dan serbuk damar.

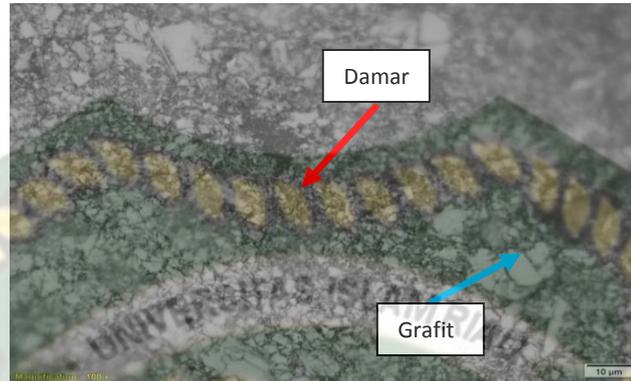
a) Topografi sampel dengan 100 x pembesaran



Gambar 4.3 Perbandingan Grafit 60% : Damar 40%

Dari hasil pengamatan pada gambar 4.3 bahwa bentuk struktur makro dengan komposisi campuran perbandingan Grafit 60% : Damar 40% terlihat damar sebagai pengikat menutupi sebagian grafit yang membuat grafit tampak lebih sedikit dibandingkan damar. Hal ini disebabkan karena terjadinya aglomerasi pada partikel-partikel grafit sehingga pada saat sintering berlangsung damar berhasil menutupi grafit yang membuat grafit tampak lebih sedikit dibanding damar sedangkan pada komposisi nya damar lebih sedikit dibanding grafit. Dari gambar 4.3 menunjukkan bahwa panah biru adalah grafit dan panah merah adalah damar.

b) Gambar topografi permukaan dengan 100 x pembesaran



Gambar 4.4 Perbandingan Grafit 70% : Damar 30%

Dibandingkan dengan gambar 4.3, Hasil pengamatan pada gambar 4.4 ini bahwa spesimen dengan komposisi campuran Grafit 70% : Damar 30% terlihat kandungan grafit yang lebih banyak dibanding damar. Kandungan pengikat yang lebih sedikit membuat grafit tampak lebih banyak terlihat dimana damar tidak mampu mengikat grafit yang mengakibatkan munculnya pori-pori atau lubang kecil yang tidak terisi oleh kedua unsure tersebut. Dengan adanya pori-pori ini maka jarak antar partikel semakin jauh yang dapat menyebabkan berkurangnya daya hantar listrik karena jauhnya jarak antar partikel tersebut. Dari gambar 4.4 menunjukkan bahwa panah biru adalah grafit dan panah merah adalah damar.

c) Gambar topografi permukaan dengan 100 x pembesaran



Gambar 4.5 Perbandingan Grafit 80% : Damar 20%

Hasil pengamatan pada gambar 4.5 bahwa perubahan bentuk struktur makro mulai berubah dibanding sampel 1 dan 2. Komposisi campuran Grafit 80% : Damar 20% terlihat bahwa karbon grafit sudah mulai tersebar, hal ini disebabkan oleh kandungan karbon grafit yang lebih dominan dibandingkan dengan pengikatnya. Pada komposisi campuran Grafit 80% : Damar 20% ini terlihat jarak antar partikel nya hampir tidak berjarak, hal ini yang membuat pada sampel ini paling tinggi nilainya dalam menghantarkan arus listrik. Dari gambar 4.4 menunjukkan bahwa panah biru adalah grafit dan panah merah adalah damar.

### 4.3 Uji Kekuatan Tekan

Pengujian kekuatan tekan dilakukan untuk melihat kemampuan material komposit dalam menahan beban ketika ditekan pada aplikasinya nanti. Dari pengujian yang dilakukan maka didapatkan hasil dari ketiga sampel sebagai berikut :

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Tanpa Hambatan Dimensi

No	Komposisi Fraksi volume (%)	Tebal (mm)	Diameter (mm)	Volume (mm <sup>3</sup> )	Beban Max (Newton)
1	1	9,25	25,81	4837,12	6694
2	2	9,24	25,82	4835,64	5146
3	3	9,12	25,95	4821,02	5030

Untuk mendapatkan nilai kekuatan tekan pada ketiga spesimen diatas, maka digunakan persamaan sebagai berikut:

1. Spesimen 1

$$\sigma_c = P/A \quad A = \pi \cdot r^2$$

$$\begin{aligned} \sigma_c &= \frac{P}{\pi \cdot r^2} \\ &= \frac{6694 \text{ N}}{3,14 \cdot 1,272^2 \text{ Cm}^2} \\ &= 1317,71 \text{ N/Cm}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma_c = 13,17 \text{ MPa}$$

2. Spesimen 2

$$\sigma_c = P/A \quad A = \pi \cdot r^2$$

$$\begin{aligned} \sigma_c &= \frac{P}{\pi \cdot r^2} \\ &= \frac{5146 \text{ N}}{3,14 \cdot 1,272^2 \text{ Cm}^2} \\ &= 1012,99 \text{ N/Cm}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma_c = 10,12 \text{ MPa}$$

## 3. Spesimen 3

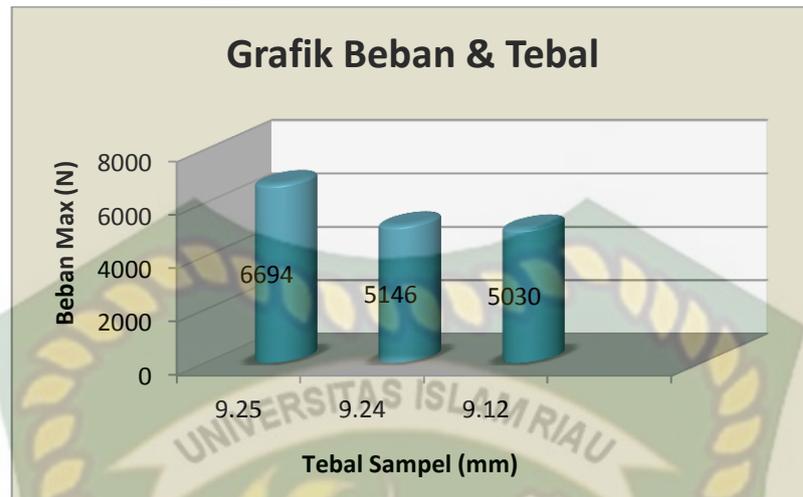
$$\sigma_c = P/A \qquad A = \pi \cdot r^2$$

$$\begin{aligned} \sigma_c &= \frac{P}{\pi \cdot r^2} \\ &= \frac{5030 \text{ N}}{3,14 \cdot 1,272^2 \text{ Cm}^2} \\ &= 990,15 \text{ N/Cm}^2 \\ \sigma_c &= 9,90 \text{ MPa} \end{aligned}$$

**Tabel 4.3 Hasil Kekuatan Tekan Dengan Hambatan Dimensi**

No	Komposisi Fraksi volume (%)	Kekuatan Tekan (MPa)
1	60:40	13,17
2	70:30	10,12
3	80:20	9,90

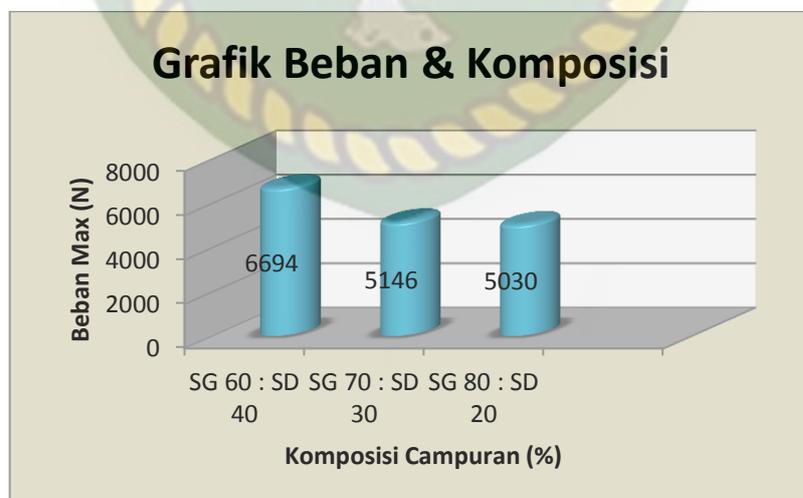
Dari data tabel diatas didapatkan nilai uji tekan yang bervariasi dimana pada sampel 1 didapatkan kekuatan tekan maksimum sebesar 13,17 MPa kemudian pada sampel 2 didapatkan kekuatan tekan maksimum sebesar 10,12 MPa dan pada sampel 3 didapatkan kekuatan tekan maksimum sebesar 9,90 MPa sehingga dapat dijelaskan bahwa semakin banyak campuran pengikat damar kedalam sampel tersebut maka kekuatan yang didapatkan semakin bagus. Hal ini disebabkan bahwa serbuk damar sangat berpengaruh sebagai bahan pengikat dalam pembuatan *pellet conducting polymer composite*, semakin banyak unsur damar nya maka semakin kuat pula kuat tekan spesime jika diberi beban.



\*)Sampel 1 : 9,25, Sampel 2 : 9,24, dan Sampel 3 : 9,12.

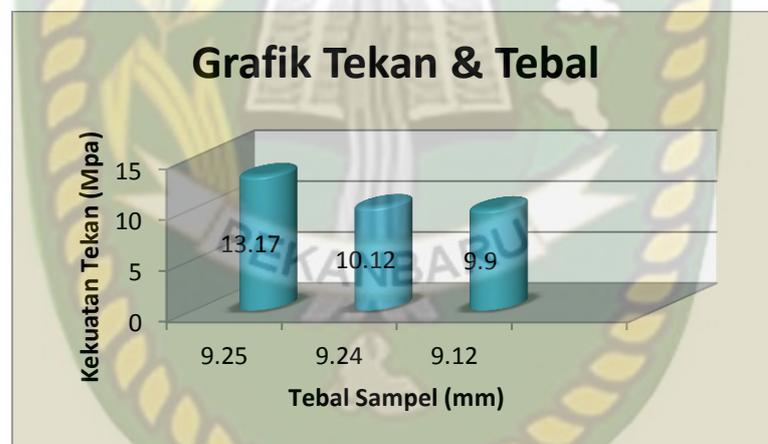
Gambar 4.6 Grafik Beban Max Sampel dan Tebal Sampel

Dari perbandingan grafik diatas dapat dilihat bahwa beban yang diterima oleh sampel mengalami penurunan, dimana terlihat pada sampel 1 beban yang diterima sampel sangatlah tinggi namun pada sampel 3 sangatlah rendah. Hal ini tidak disebabkan oleh ketebalan dari spesimen melainkan komposisi campuran lah yang mempengaruhi tinggi nya nilai beban yang diterima spesimen.



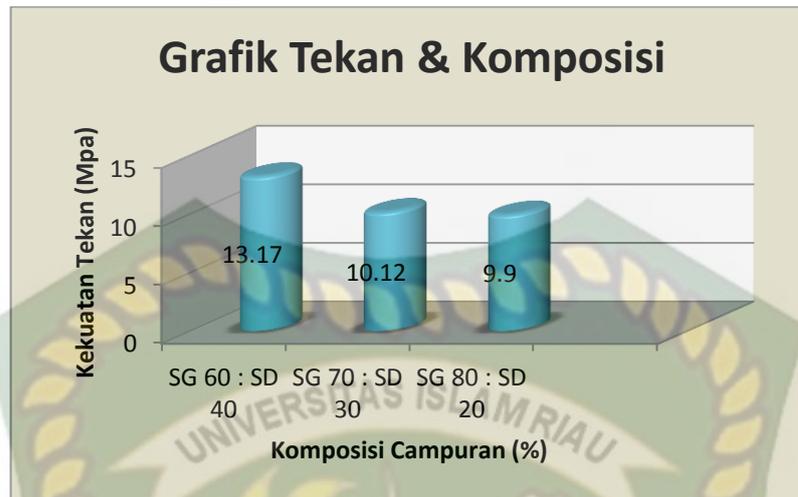
Gambar 4.7 Grafik Beban Max dan Komposisi Campuran

Dari perbandingan grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai beban yang diterima oleh ketiga sampel semakin menurun. Terlihat bahwa pada sampel 3 beban yang diterima sampel sangatlah rendah, hal ini disebabkan karena kandungan unsur pengikatnya nya sangat minim (20%), namun pada sampel 1 beban yang diterima sangat tinggi dimana pada sampel 1 pengikat yang diberikan meningkat 20% dari sampel 3. Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin banyaknya campuran komposisi damar (pengikat) maka beban yang diterima sampel akan semakin tinggi, hal ini disebabkan karena dammar sangat berpengaruh terhadap beban yang diberikan terhadap spesimen.



Gambar 4.8 Grafik Kekuatan Tekan dan Tebal Sampel

Dari perbandingan grafik diatas tidak lah jauh berbeda dengan gambar 4.6, nilai kekuatan pelet yang diterima oleh sampel tetap mengalami penurunan, dimana terlihat pada sampel 1 kekuatan tekan sampel dengan nilai tertinggi namun pada sampel 3 begitu rendah. Dalam hal ini, tebal nya suatu sampel tidak mempengaruhi kuatnya nilai tekan pada sampel tersebut melainkan komposisi campuran lah yang mempengaruhi nilai dari pada kuat tekan tersebut.



Gambar 4.9 Grafik Kekuatan Tekan dan Komposisi Campuran

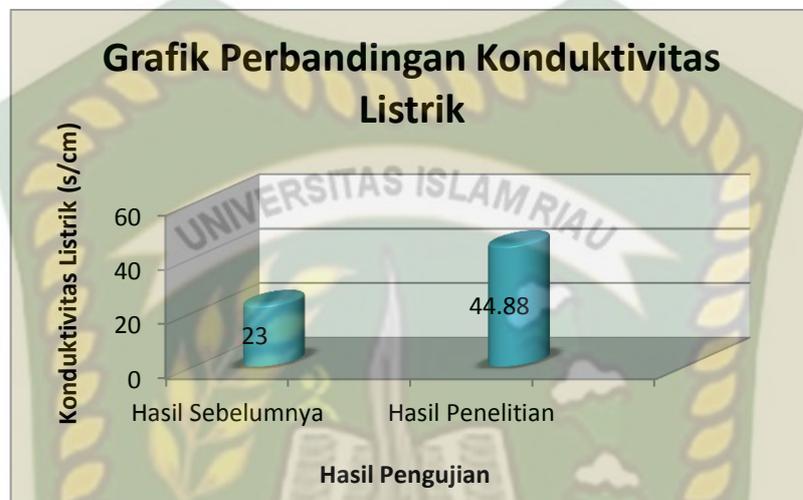
Dari perbandingan grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan yang diterima oleh ketiga sampel semakin menurun. Terlihat bahwa pada sampel 3 nilai tekan pada sampel sangatlah rendah, hal ini disebabkan karena kandungan unsur pengikatnya nya sangat sedikit hanya 20%, namun pada sampel 1 nilai kuat tekannya sangat tinggi dimana pada sampel 1 pengikat yang diberikan meningkat 20% dari sampel 3. Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin banyaknya campuran komposisi damar (pengikat) maka kekuatan tekan pada sampel tersebut akan semakin tinggi, hal ini disebabkan karena damar sangat berpengaruh sebagai bahan pengikat terhadap kuat tekan specimen itu sendiri.

#### 4.4 Perbandingan antara hasil penelitian dengan hasil penelitian sebelumnya

Tabel 4.4 Tabel Perbandingan antara hasil penelitian dan hasil penelitian sebelumnya.

Properties	Hasil Penelitian Sebelumnya	Hasil Penelitian		
		60 : 40	70 : 30	80 : 30
Konduktivitas	23	22,76	30,30	44,88

Listrik (S/cm)				
Kekuatan Tekan (MPa)	13,86	13,17	10,12	9,90



Gambar 4.10 Grafik Perbandingan konduktivitas listrik hasil sebelumnya dan hasil penelitian

Pada gambar 4.10 dapat dilihat bahwa hasil dari pada penelitian yang dilakukan, nilai konduktivitas listrik pada pelet komposit ini sebesar 44,88 S/cm jauh melebihi hasil penelitian sebelumnya hanya 23 S/cm.



Gambar 4.11 Grafik Perbandingan kekuatan tekan hasil sebelumnya dan hasil penelitian

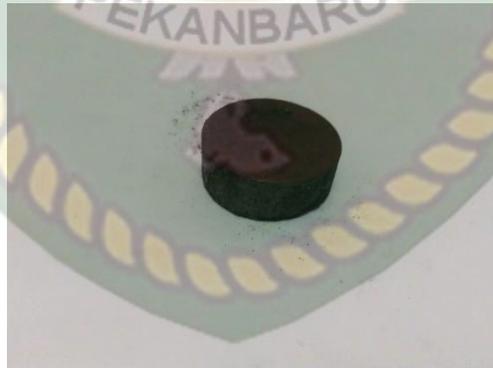
Pada gambar 4.11 dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan yang dilakukan penelitian sebelumnya sebesar 13,86 MPa lebih tinggi sedikit dibandingkan hasil penelitian yang dilakukan yakni sebesar 13,17 MPa.

#### 4.5 Hasil Penelitian *Pellet Conducting Polymer Composite*

Pada gambar 4.12, 4.13 dan 4.14 dibawah ini menunjukkan hasil pembuatan pelet konduktor komposit dengan variasi pada campuran komposisi.



Gambar 4.12 *Pellet Conducting Polymer Composite* pada SG : 60% dan SD 40%.



Gambar 4.13 *Pellet Conducting Polymer Composite* pada SG : 70% dan SD 30%.



Gambar 4.14 *Pellet Conducting Polymer Composite* pada SG : 80% dan SD 20%.

Dari gambar 4.12 diatas bisa terlihat bahwa pada campuran komposisi SG : 60% dan SD 40% masih terlihat banyak lubang-lubang kecil yang masih belum terisi oleh material damar dan grafit terlihat kurang terdistribusi secara sempurna serta berkecenderungan teraglomerasi, sedangkan pada gambar 4.13 dengan campuran komposisi SG : 70% dan SD 30% terlihat bahwa material komposit yang dihasilkan sudah bagus. Pada gambar 4.14 menunjukkan hasil yang paling bagus dimana terlihat grafit sudah tersebar merata dibanding sampel 1 dan 2.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

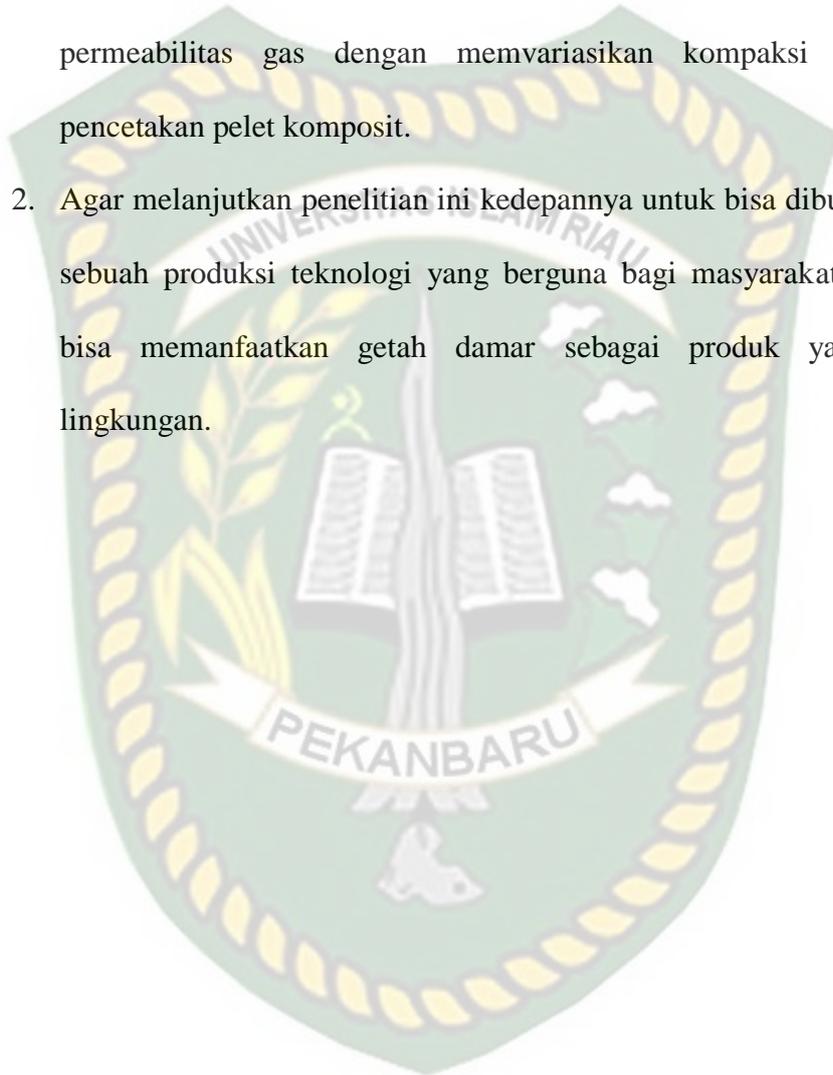
Berdasarkan hasil pengujian menggunakan alat uji konduktivitas listrik, uji kekuatan tekan dan pengamatan struktur makro menggunakan Mikroskop optik Olympus pada sampel pelet, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengukuran konduktivitas listrik menggunakan alat didapatkan hasil bahwa sampel 3 dengan kandungan 80% grafit dan 20% damar dapat menghantarkan arus listrik yang lebih besar dengan nilai  $44,88 \text{ S/cm}$  jauh melebihi nilai konduktivitas listrik sel bahan bakar pada penelitian sebelumnya sebesar  $23 \text{ S/cm}$  .
2. Dari hasil pengamatan makrostruktur menggunakan mikroskop optik olympus bahwa susunan dari pada partikel grafit yang memiliki jarak yang berbeda dari ketiga sampel tersebut, dimana pada sampel 3 dengan kandungan grafit yang lebih dominan dan jarak partikel nya yang begitu tidak berjarak dapat menghantar arus listrik yang lebih baik.
3. Dari hasil pengujian kekuatan tekan yang dilakukan, sampel yang memiliki kekuatan paling tinggi didapatkan pada sampel 1 dengan kandungan 60% grafit dan 40% damar yang menghasilkan kekuatan tekan sebesar  $13,17 \text{ MPa}$  hampir mendekati dengan penelitian sebelumnya yakni sebesar  $13,84 \text{ MPa}$ .

## 5.2 Saran

Adapun beberapa saran dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Agar untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan pengujian permeabilitas gas dengan memvariasikan kompaksi pada saat pencetakan pelet komposit.
2. Agar melanjutkan penelitian ini kedepannya untuk bisa dibuat menjadi sebuah produksi teknologi yang berguna bagi masyarakat dan lebih bisa memanfaatkan getah damar sebagai produk yang ramah lingkungan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Agrawal. Broutman (1990). *Composite Material*. Defence Scientific Information & Documentation Center, Delhi.
- Callister, William J. 2009. *Materials Science And Engineering An Introduction, 8th Edition*, New Jersey : John Wiley Sons, Inc, Hoboken.
- Cui.R. dan Jun-Jie Zhu.(2010). *Fabrication of a novel Electrochemical Immunosensor Based on The Gold Nanoparticles/Colloidal Carbon Nanosphere Hybrid Material*, Elsevier.
- H. S. Tomo, 2010. Karakteristik Sifat Mekanik Dan Elektrik Pelat Bipolar Sel Bahan Bakar Berkarbon Grafit Dalam Matrik Polimer ABS. Teknik Mesin. Jakarta : Universitas Indonesia.
- Januastuti, 2015. *Pemanfaatan Limbah Ampas Tahu Sebagai bahan Baku Pembuatan Plastik Biodegradable Dengan Plasticizer*
- Khamid, (2011). Rancang Bangun Alat Uji Bending Dan Hasil Pengujian Untuk Bahan Besi Cor. Teknik Mesin : Universitas Diponegoro.
- Lubin, G. (1982). Ed. *Handbook of Composites*. Van Nostrand Reinhold Co., New York.
- Michael H. W, (1998). *Stress And Analysis Of Fiber Rein Forced Composite Material* Mc Graw-Hill International Edition.
- Nayiroh, Nurul. 2013. *Klasifikasi Komposit – Metal Matrix Composite*. Teknologi Material Komposit: Indonesia.
- R. E. Smallman and R. J. Bishop, 2000, "Modern Physical Metallurgy and Material Engineering", Hill International Book Company, New York.
- R. Strumpler, J. Glatz-Reichenbach, 1999. *Conducting Polymer Composite*, ABB Corporate Research Ltd., CH-5405 Baden Dattwil, Switzerland.
- Richard Blunk, Mahmoud H, Daniel Lisi, (2006). *Polimric Composite Bipolar Plate for Vihicle Application, Journal of Power Sources*, 156 p. 151-157.
- Schwartz, M.M 1984. *Composite Materials Handbook*. New York: McGraw-Hill Inc.
- Sorbitol*. Teknik Kimia. Palembang : Politeknik Negeri Sriwijaya.

Surdia, T.; Saito, S., 1999, Pengetahuan Bahan Teknik, Cetakan ke 4, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

Tsuchiya H, Kobayashi O. (2005). *International Journal Hydrogen Energy*, 29:985-90.

Wen-Yao Huang, (2020). "Polyaniline Based Pt-Electrocatalyst for a Proton Exchanged Membrane Fuel Cell" (University of Science and Technology, Taiwan).

William, M.C.(2000). *Fuel Cell Hand Book*, Fifth Edition, US Departement Energy, Morgantown, West Virginia.

Zhang Jie, Zou Yan-wen, He Jun. (2005). "Influence of graphite particlesize and its shape on performance of carbon composite bipolar plate" (Institute of Nuclear Energy and New Energy Technology, Tsinghua University, Beijing 100084, China).

