

**PENGARUH SERBUK GRAFIT DAN SILIKA SEBAGAI  
MATRIKS SERTA *EPOXY* SEBAGAI BAHAN PENGIKAT  
TERHADAP KONDUKTIVITAS LISTRIK, KEKASARAN DAN  
STRUKTUR MIKRO PELET KOMPOSIT**

**TUGAS AKHIR**

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



**Disusun Oleh:**

**IRFAN TAUFIK**  
**NPM : 14.331.0268**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
PEKANBARU  
2021**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH SERBUK GRAFIT DAN SILIKA SEBAGAI MATRIKS  
SERTA EPOXY SEBAGAI BAHAN PENGIKAT TERHADAP  
KONDUKTIVITAS LISTRIK, KEKASARAN DAN  
STRUKTUR MIKRO PELET KOMPOSIT**

Disusun Oleh :

**IRFAN TAUFIK**

**14.331.0268**

**Telah Diuji Didepan Dewan Penguji Pada Tanggal  
25 Agustus 2021 dan Dinyatakan  
Telah Memenuhi Syarat Diterima**

Disetujui Oleh :

**Pembimbing**

**Dr. Dedikarni, S.T., M.Sc**

**NIDN. 1005047603**

Disahkan Oleh :

**Pekanbaru, September 2021**

**Ketua Program Studi**

**Teknik Mesin**

**Jhonni Rahman, B.ng., M.Eng., Ph.D**

**NIDN. 1009038504**

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Irfan Taufik

NPM : 143310268

Fakultas : Teknik

Judul Skripsi : Pengaruh Serbuk Grafit Dan Silika Sebagai Matriks Serta Epoxy Sebagai Bahan Pengikat Terhadap Konduktivitas Listrik, Kekasaran Dan Struktur Mikro Pelet Komposit

Menyatakan dengan sebenarnya, bahwa penulisan skripsi ini adalah hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari karya tulis saya sendiri, baik dari naskah laporan maupun data-data yang tercantum sebagai bagian dari skripsi ini. Jika terdapat karya tulis milik orang lain, saya akan mencantumkan sumber dengan jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan serta ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi dengan praturan yang berlaku di Universitas Islam Riau.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan kondisi sehat serta tanpa ada paksaan dari siapapun.

Pekanbaru, September 2021

Yang Membuat Pernyataan,



Irfan Taufik

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### DATA PERSONAL

Nama Lengkap : Irfan Taufik  
NPM : 143310268  
Tempat/Tanggal Lahir : Rengat/21 Januari 1996  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Alamat : JL. Seminai gg. Manggis, Kelurahan Pematang Reba, Kecamatan Rengat Barat, Kab. Indragiri Hulu  
Agama : ISLAM  
Kebangsaan/Suku : Indonesia/Melayu  
Telp/Hp : 082286119253  
Email : [irfantaufik215@gmail.com](mailto:irfantaufik215@gmail.com)  
Nama Orang Tua  
1. Ayah : Nashenrijon  
2. Ibu : Medroheli

### PENDIDIKAN

Sekolah Dasar : SDN 026 Pematang Reba  
Sekolah Menengah Pertama : SMPN 1 Rengat Barat  
Sekolah Menengah Atas : SMK Penerbangan Nusantara Ketaping  
Perguruan Tinggi : Universitas Islam Riau

### TUGAS AKHIR

Judul : Pengaruh Serbuk Grafit dan Silika sebagai Matriks serta Epoxy sebagai Bahan Pengikat Terhadap Konduktivitas Listrik, Kekasaran dan Struktur Mikro Pelet Komposit  
Tempat Penelitian : Laboratorium Teknik Mesin Universitas Islam Riau  
Tanggal Sidang : 25 Agustus 2021

Pekanbaru, September 2021

**IRFAN TAUFIK**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah S.W.T atas hidayahnya dan segala limpahan rahmat sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“Pengaruh Serbuk Grafit dan Silika sebagai Matriks serta Epoxy sebagai Bahan Pengikat terhadap Konduktivitas Listrik, Kekasaran dan Struktur Mikro Pelet Komposit.”** Tugas Akhir ini disusun sebagai syarat dalam kelancaran dan untuk menyelesaikan studi strata satu guna mendapatkan gelar sarjana dalam pendidikan di Jurusan Program Studi Teknik Mesin. Saya menyadari sebagai Penulis bahwa tanpa adanya bimbingan dan bantuan yang terkait, dalam penelitian yang akan dilakukan dapat berjalan dengan lancar. Pada saat ini penulis dengan ketulusan hati ingin memberika ucapan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada:

1. Orang tua tercinta telah memberika Do'a dan mendukung penuh, Yang telah menghantarkan saya seperti sekarang ini, beserta seluruh keluarga.
2. Bapak Dr. Eng. Muslim, M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau Beserta Seluruh Stafnya.
3. Bapak Jhonni Rahman, B.ng., M.Eng., Ph.D Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. Bapak Dr. Dedikarni, S.T, M.Sc. selaku dosen pembimbing, terima kasih atas bimbingan dan arahnya dalam menyelesaikan Proposal Tugas Sarjana.
5. Bapak dan Ibu dosen pembina pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
6. Teman hidup Hestisia Fitriani yang selalu membantu dan mendukung penulis hingga selesai sampai pada tahap ini.
7. Teman-teman teknik mesin tanpa terkecuali yang selalu memberikan semangat.

Akhir kata semoga segala bantuan yang telah diberikan kepada penulis adalah amal dan semoga Allah SWT, memberikan hidayah dan rahmat-nya yang berlipat ganda atas jasa-jasa mereka yang telah membantu penulis selama ini.

Semoga tulisan ini bermanfaat bagi kita semua, terutama bagi mahasiswa dan ilmuwan untuk dijadikan sebagai salah satu referensi dalam melakukan penelitian.

Pekanbaru, September 2021

Penulis

Irfan Taufik



## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI .....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL .....	viii
ABSTRAK.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 RUMUSAN MASALAH .....	3
1.3 TUJUAN PENELITIAN .....	3
1.4 BATASAN MASALAH .....	3
1.5 MANFAAT PENELITIAN.....	4
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 TEORI DASAR.....	6
2.2 PASIR SILIKA.....	6
2.2.1 Sifat Fisik dan Kimia Silika .....	7
2.2.2 Pemanfaatan Pasir Silika.....	8
2.3 SERBUK GRAFIT.....	9
2.4 KONDUKTIVITAS LISTRIK.....	10
2.4.1 Resistivitas .....	11
2.4.2 Konduktansi .....	11
2.4.3 Konduktivitas .....	11
2.4.4 Rumus Konduktivitas Listrik.....	12
2.5 RESIN <i>EPOXY</i> .....	13
2.6 KOMPOSIT .....	13

2.6.1	Klasifikasi Komposit.....	16
2.6.2	Keramik.....	19
2.7	PEMFC.....	20
2.7.1	Prinsip Kerja <i>Fuel Cell</i> .....	22
2.7.2	Pelat Bipolar.....	23
2.7.3	Standar Pelat Bipolar.....	24
2.8	PELAT BIPOLAR KOMPOSIT.....	25
2.9	POLIMER.....	26
2.10	PERALATAN PEMADAT SERBUK.....	26
2.10.1	Jenis-Jenis Pematik Serbuk.....	26
2.10.2	Spesifikasi Pematik Serbuk.....	27
2.11	PROSES PEMBENTUKAN SERBUK.....	28
2.11.1	Pressing.....	28
2.12	KEKASARAN PERMUKAAN.....	29
2.13	Struktur Mikro.....	32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		33
3.1	DIAGRAM ALIR.....	33
3.2	SKETSA GAMBAR RANCANG BANGUN ALAT PRESS PELET KOMPOSIT.....	35
3.3	ALAT DAN BAHAN.....	36
3.3.2	Bahan.....	46
3.4	METANOL.....	49
2.14	PROSES Pengerjaan Alat.....	50
3.5.1	Persiapan Cetakan.....	50
3.5.2	Proses Compression Molding.....	51

3.6 PROSEDUR KERJA .....	51
3.6.1 Volume Cetakan .....	51
3.6.2 Prosedur Penimbangan .....	52
3.7 PENGUJIAN ALAT .....	53
3.8 WAKTU DAN TEMPAT .....	54
3.9 JADWAL KEGIATAN PENELITIAN .....	54
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	56
4.1 KARAKTERISASI PELAT BIPOLAR KOMPOSIT .....	56
4.2 PENGAMATAN STRUKTUR MIKRO .....	56
4.3 PENGUJIAN KONDUKTIVITAS LISTRIK .....	58
4.4 PENGUJIAN KEKASARAN .....	63
4.5 PERBANDINGAN ANTARA HASIL PENELITIAN DENGAN HASIL PENELITIAN SEBELUMNYA .....	67
4.6 PERBANDINGAN KARAKTERISTIK KOMPOSIT PELAT BIPOLAR DENGAN VARIASI PENAMBAHAN KARBON GRAFIT .....	69
BAB V PENUTUP .....	71
5.1 KESIMPULAN .....	71
5.2 SARAN .....	71
DAFTAR PUSTAKA .....	73
LAMPIRAN .....	76

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pasir Slika Mesh 200.....	7
Gambar 2.2 Struktur Kristal Grafit .....	10
Gambar 2.3 Spektrum Konduktivitas Listrik dan Resistivitas.....	12
Gambar 2.4 Struktur Komposit.....	16
Gambar 2.5 Klasifikasi Komposit Berdasarkan Jenis Matriks .....	16
Gambar 2.6 Klasifikasi Komposit berdasarkan Jenis Penguat.....	17
Gambar 2.7 Komponen PEMFC .....	21
Gambar 2.8 Skema sel bahan bakar (fuel cell) .....	22
Gambar 2.9 Pelat Bipolar PEMFC.....	23
Gambar 2.10 Prinsip Kerja Pelat Bipolar PEMFC.....	24
Gambar 2.11 Lambang kekasaran permukaan .....	30
Gambar 3.1 Diagram Alir .....	33
Gambar 3.2 Alat Press Pelet Komposit.....	35
Gambar 3.3 Timbangan.....	37
Gambar 3.4 Stopwatch.....	37
Gambar 3.5 Bagian umum dari mistar insut dengan skala nonius.....	38
Gambar 3.6 Pengaduk .....	39
Gambar 3.7 Gelas Kaca.....	39
Gambar 3.8 Corong.....	40
Gambar 3.9 Alat Uji Struktur Mikro.....	42
Gambar 3.10 Surface roughness tester .....	43
Gambar 3.11 Alat Uji Konduktivitas Listrik.....	45
Gambar 3.12 Silikon Dioksida Atau Silika.....	47
Gambar 3.13 <i>Epoxy</i> .....	47
Gambar 3.14 Grafit .....	49
Gambar 3.15 Struktur Metanol .....	49
Gambar 3.16 Sketsa Mold Pellet.....	52
Gambar 4.1 Perbandingan Silika 10% : Grafit 50% : Epoxy 40% .....	56
Gambar 4.2 Perbandingan Silika 10% : Grafit 60% : Epoxy 30% .....	57
Gambar 4.3 Perbandingan Silika 10% : Grafit 70% : Epoxy 20% .....	58

Gambar 4.4 Grafik Konduktansi dan Komposisi Campuran .....	60
Gambar 4.5 Grafik Nilai Konduktivitas dan Komposisi Campuran .....	61
Gambar 4.6 Grafik Pengaruh Grafit terhadap Konduktivitas Listrik.....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
Gambar 4.7 Grafik Nilai Kekasaran dan Komposisi .....	64
Gambar 4.8 Pengaruh Grafit terhadap Kekasaran Permukaan.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 4.9 Gambar Pengaruh Kekasaran Terhadap Konduktivitas Listrik.....	66
Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Konduktivitas Listrik Hasil Sebelumnya dan Hasil Penelitian .....	67
Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Uji Kekasaran Hasil Penelitian Sebelumnya dan Hasil Penelitian.....	68
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Konduktivitas Listrik dengan Penelitian Sebelumnya.....	68

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Target Teknis (DOE), USA untuk Karakteristik Pelat Bipolar .....	25
Tabel 2. 2 Angka Kekasaran Permukaan. ....	31
Tabel 3.1 <i>Properties Epoxy</i> .....	48
Tabel 3.2 <i>Properties Grafit</i> .....	49
Tabel 3.3 Perbandingan Komposisi Sampel .....	53
Tabel 3.4 Jadwal Kegiatan Penelitian .....	55
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Konduktivitas Listrik Tanpa Hambatan Dimensi .....	59
Tabel 4.2 Nilai Konduktivitas Listrik Dengan Hambatan Dimensi .....	60
Tabel 4.3 Pengaruh Grafit terhadap Konduktivitas Listrik	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4.4 Nilai Hasil Uji Kekasaran Permukaan Sampel setelah Dihitung Rata-rata dari Tiga Titik .....	63
Tabel 4.5 Pengaruh Grafit Terhadap Kekasaran Permukaan	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4.6 Tabel Perbandingan antara hasil penelitian dan hasil penelitian sebelumnya.....	67
Tabel 4.7 Perbandingan Karakteristik Pelat dengan Variasi Penambahan Karbon Grafit. ....	69

**PENGARUH SERBUK GRAFIT DAN SILIKA SEBAGAI MATRIKS  
SERTA EPOXY SEBAGAI BAHAN PENGIKAT TERHADAP  
KONDUKTIVITAS LISTRIK, KEKASARAN DAN STRUKTUR MIKRO  
PELET KOMPOSIT**

Irfan Taufik, Dedikarni  
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau  
Jl. Kaharuddin Nasution, KM. 11, No. 133, Perhentian Marpoyan  
Pekanbaru-Riau  
Email : [irfantaufik@student.uir.ac.id](mailto:irfantaufik@student.uir.ac.id)

**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. Pada penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai konduktivitas listrik yang baik dan mendapatkan komposisi campuran yang optimum menggunakan bahan silika sebagai matriks, serbuk grafit sebagai komponen utama dan pengikat resin epoxy. Pelet komposit dengan komposisi 10%:50%:40%, 10%:60%:30% dan 10%:70%:20% (fraksi volume) diperoleh melalui cold pressing compression pada tekanan lima (5) ton. Pada penelitian ini juga dipelajari pengaruh komposisi terhadap karakterisasi yang meliputi pengujian kekasaran dan pengamatan struktur mikro. Dari hasil penelitian ini diperoleh bahwa nilai konduktivitas listrik yang tinggi pada sampel tiga (3) dengan perbandingan komposisi 10:70:20 dengan nilai 49,21 S/cm, nilai kekasaran permukaan yang rendah pada sampel (1) dengan perbandingan komposisi 10:50:40 dengan nilai 5,37  $\mu\text{m}$  dan hasil pengamatan struktur mikro sampel (3) dengan perbandingan Komposisi 10:70:20 terlihat bahwa karbon grafit sudah mulai tersebar, hal ini disebabkan oleh kandungan karbon grafit yang lebih dominan dibandingkan dengan pengikatnya, dikarenakan pasir silika begitu halus sehingga secara kasat mata pasir silika akan sulit terlihat karena telah menyatu dengan resin, ini menunjukkan faktor karbon grafit yang besar membuat sampel ini paling tinggi nilainya dalam menghantarkan arus listrik.*

**Kata kunci: Grafit, matriks, epoxy, Pelet Komposit, Konduktivitas Listrik**  
**EFFECT OF GRAPHITE POWDER AND SILICA AS MATRIX AND**  
**EPOXY AS BINDING MATERIAL TO ELECTRICAL CONDUCTIVITY,**  
**ROUGHNESS AND MICROSTRUCTURE OF COMPOSITE PELLETS**

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

Email : [irfantaufik@student.uir.ac.id](mailto:irfantaufik@student.uir.ac.id)

**ABSTRACT**

*Fuel cell is an alternative energy generator that replaces conventional energy plants that use fuel oil with the basic principle of electrochemistry by converting chemical energy into electricity. With the recent oil crisis, alternative energy is needed for a cheap and environmentally friendly future. To solve the problem, composite polymer electrolyte membrane fuel cell can be one solution. In this study aims to obtain a good electrical conductivity value and obtain an optimum composition of the mixture using silica material as a matrix, graphite powder as the main component and bonding epoxy resin. Composite pellets with a composition of 10%:50%:40%, 10%:60%:30% and 10%:70%:20% (fraction volume) are obtained through cold pressing compression at pressures of five (5) tons. In this study also studied the influence of composition on characterization which includes testing roughness and observation of microstructures. From the results of this study, it was obtained that the high electrical conductivity value in the sample three (3) with a composition ratio of 10:70:20 with a value of 49.21 S/cm and a low surface roughness value in the sample (1) with a composition ratio of 10:50:40 with a value of 5.37  $\mu\text{m}$  and the results of observation of the microstructure of the sample (3) with a composition comparison of 10:70:20 seen that graphite carbon has begun to spread, this is due to the content of carbon graphite is more dominant compared to the binder, because silica sand is so smooth that the naked eye silica sand will be difficult to see because it has fused with resin, this indicates a large graphite carbon factor makes this sample the highest value in conducting electric current.*

**Keywords: Graphite, matrix, epoxy, Composite Pellets, Electrical Conductivity**

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

Silika terdapat banyak di bumi, merupakan unsur kedua terbanyak di kulit bumi setelah oksigen. Terdapat di alam dalam bentuk pasir silika atau yang dikenal juga dengan *quartz* dengan rumus kimia  $\text{SiO}_2$ . Sebagai contoh, di Indonesia penambangan pasir silika ini dilakukan di pulau Rupert (Sumarno, 2015). Silika biasanya dimanfaatkan untuk berbagai keperluan dengan berbagai ukuran tergantung aplikasi yang dibutuhkan. (Sandy, 2018). Dengan cadangan bahan baku silika yang melimpah dan potensi pasar yang masih terbuka lebar maka perlu dicarikan solusi agar sumber daya yang ada dapat dimanfaatkan secara optimal bagi perkembangan industri (Gandi, 2015).

Kekasaran permukaan merupakan suatu hal yang sangat penting bagi suatu pelet komposit, hal ini dikarenakan material yang akan dijadikan suatu komponen harus memiliki nilai kekasaran tertentu agar dapat digunakan sesuai dengan fungsi komponennya (Dimas, 2015). Struktur mikro merupakan gambaran dari kumpulan fasa-fasa yang dapat diamati melalui teknik metalografi. (Hadi, 2010). Grafit adalah satu inti karbon yang merupakan konduktor listrik yang bisa digunakan sebagai material elektroda (Fitri, 2015). Konduktivitas listrik merupakan kemampuan suatu bahan untuk menghantarkan arus listrik. Jika semakin besar nilai konduktivitas semakin baik sifat bahan dalam menghantarkan arus listrik.

*Fuel cell* merupakan salah satu teknologi penghasil energi listrik yang paling bersih dan sangat efisien (dapat mencapai 80%). Prinsip kerja *fuel cell* adalah kebalikan dari elektrolisis. Elektrolisis memisahkan  $\text{H}_2\text{O}$  menjadi  $\text{H}_2$  dan  $\text{O}_2$ . Pelat bipolar berkontribusi sebesar 80% volume, 70% berat dan 60% biaya produksi *fuell cell*. Pelat bipolar merupakan material yang memiliki sifat listrik. Oleh karena itu, kebanyakan penelitian memfokuskan pada komponen pelat bipolar agar produksi PEMFC menjadi ekonomis dan dapat dipasarkan secara luas. Salah satu cara untuk mereduksi biaya produksi pelat bipolar dari PEMFC adalah

dengan mengembangkan material komposit berbasis polimer termoset yang diharapkan mampu mengurangi kekasaran, pori atau rongga dan meningkatkan konduktivitas listrik pada pelet komposit dan biaya produksi (Oky Simbolon, 2011).

Penelitian ini ditujukan untuk mencari komposisi penambahan karbon grafit, serbuk  $\text{SiO}_2$  sebagai matriks dan resin *epoxy* sebagai pengikat pada pelat bipolar PEMFC. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah pembuatan komposit PEMFC dengan biaya produksi rendah dan memiliki konduktivitas yang tinggi, ringan, serta sifat mekanik dan optimalisasi performa yang baik. Serbuk grafit merupakan zat bukan logam yang mampu menghantarkan panas dengan baik dan resin epoksi yang memiliki sifat mekanik dan termal yang baik serta mudah diproses.

Dari hasil penelitian sebelumnya bahan-bahan yang digunakan belum memenuhi target konduktivitas yang diinginkan yaitu 100 S/cm sesuai dengan DOE, dengan memperoleh nilai konduktivitas listrik maksimumnya adalah 44,88 S/cm, nilai ini masih jauh dari standar DOE yaitu  $> 100$  S/cm. Oleh karena itu, pada penelitian ini ditambahkan bahan yang berfungsi untuk meningkatkan konduktivitas pelat bipolar yaitu karbon grafit dan komposisi yang berbeda. Selain konduktivitas yang tinggi sifat-sifat lain seperti struktur mikro dan kekasaran juga diperhatikan agar sesuai dengan standar DOE. Dari latar belakang di atas maka Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa struktur mikro dan kekasaran permukaan pelet komposit dengan memvariasikan bahan material yang digunakan. Melalui penambahan grafit EAF, resin *epoxy* dan  $\text{SiO}_2$  sebagai matriks diharapkan mampu meningkatkan konduktivitas, struktur mikro dan mengurangi kekasaran dari pelat bipolar. Selain bahan-bahan yang digunakan hal lain yang harus diperhatikan adalah teknik pembuatan, mulai dari *mixing* hingga pencetakan, karena berpengaruh terhadap sifat-sifat pelat bipolar yang dihasilkan. Jadi bahan material yang digunakan berupa serbuk  $\text{SiO}_2$ , karbon grafit dan bahan pengikat menggunakan resin *epoxy*. Tujuannya adalah membandingkan nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan dari pengambilan data terhadap konduktivitas listrik.

## 1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalahnya adalah sebagai berikut,

1. Bagaimana mendapatkan pelet konduktor komposit?
2. Bagaimana mengetahui pengaruh serbuk grafit, silika dan *epoxy* terhadap struktur mikro dan kekasaran permukaan pelet konduktor komposit?
3. Bagaimana mengetahui pengaruh serbuk grafit, silika dan *epoxy* terhadap konduktivitas listrik pelet konduktor komposit?
4. Bagaimana mengetahui perbandingan nilai konduktivitas listrik terhadap penelitian sebelumnya?

## 1.3 TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut,

1. Untuk mendapatkan pelet konduktor komposit.
2. Untuk mendapatkan pengaruh serbuk grafit, silika dan *epoxy* terhadap struktur mikro dan kekasaran permukaan pelet konduktor komposit.
3. Untuk mendapatkan pengaruh serbuk grafit, silika dan *epoxy* terhadap konduktivitas listrik pelet konduktor komposit.
4. Untuk mendapatkan perbandingan nilai konduktivitas listrik terhadap penelitian sebelumnya.

## 1.4 BATASAN MASALAH

Perlu diberikan beberapa batasan dan asumsi penelitian dengan tujuan adanya batas lingkup penelitian dan penyederhanaan dari kondisi real yang akan dijadikan acuan penelitian. Adapun batasan permasalahan dari analisis ini adalah,

1. Penelitian ini terbatas pada kekasaran permukaan dengan *surface roughness tester*, pengamatan struktur mikro dengan mikroskop dan uji konduktivitas listrik.
2. Bahan yang digunakan adalah pasir silika  $\text{SiO}_2$  dari Pulau Rupat, Kabupaten Bengkalis, serbuk grafit dan resin *epoxy*.
3. Ukuran pasir yang digunakan adalah dengan mesh 200.

4. Persentase campuran:
  - a) 10% silika + 50% grafit + 40% epoxy
  - b) 10% silika + 60% grafit + 30% epoxy
  - c) 10% silika + 70% grafit + 20% epoxy

### 1.5 MANFAAT PENELITIAN

Dengan melalui pengujian laboratorium ini diharapkan adanya manfaat yang diambil dari penelitian ini, yaitu :

1. Pengembangan Akademis  
Penyusun dapat menerapkan ilmu yang telah dipelajari dan dapat memberi pengetahuan tentang hasil penelitian yang telah dilakukan kepada pembaca atau ahli permesinan dan konsumen sebagai referensi pengembangan penelitian selanjutnya, sehingga bermanfaat untuk memperkaya khasanah ilmu pengetahuan dan teknologi.
2. Pengembangan Industri  
Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu dapat mengoptimalkan pemanfaatan pasir silika sebagai bahan pembuatan pelet komposit dan bahan tambahan dalam dunia industri seperti bahan keramik dan bahan semen.
3. Untuk meningkatkan nilai ekonomis dari pasir kuarsa yang berasal dari Rupat, Kabupaten Bengkalis.

### 1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

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

#### **BAB I : PENDAHULUAN**

Berisikan Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan, Batasan Masalah, dan Sistematika Penulisan.

## **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Menjelaskan Pasir Silika, Serbuk Grafit, Resin *Epoxy*, Konduktivitas Listrik dan Komposit.

## **BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini berisi tentang metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah penelitian, metode pengambilan sampel, pengumpulan data, bahan-bahan pengujian yang diperlukan dan melakukan proses pengerjaan.

## **BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini membahas tentang hasil penelitian dan pembahasan data hasil pengujian pada pengaruh serbuk grafit, silika sebagai matriks dan *epoxy* sebagai bahan pengikat terhadap konduktivitas listrik, kekasaran dan struktur mikro pelet komposit.

## **BAB V : PENUTUP**

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

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 TEORI DASAR

Silika merupakan senyawa yang banyak ditemui dalam bahan galian yang disebut pasir kuarsa, terdiri atas kristal-kristal silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan mengandung senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan. Pasir kuarsa juga dikenal dengan nama pasir putih merupakan hasil pelapukan batuan yang mengandung mineral utama seperti kuarsa dan feldspar. Pasir kuarsa mempunyai komposisi gabungan dari  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ , dan  $\text{K}_2\text{O}$ , berwarna putih bening atau warna lain bergantung pada senyawa pengotornya.

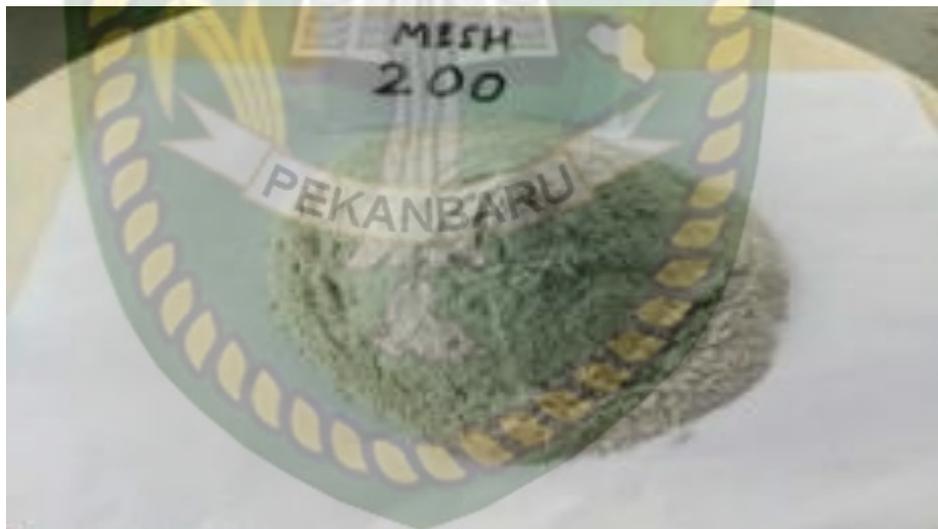
Untuk memperoleh ukuran silika sampai pada ukuran nano/ mikrosilika perlu perlakuan khusus pada prosesnya. Untuk mikrosilika biasanya dapat diperoleh dengan metode *special milling*, yaitu metode *milling* biasa yang sudah dimodifikasi khusus sehingga kemampuan untuk menghancurkannya jauh lebih efektif, dengan metode ini bahkan dimungkinkan juga memperoleh silika sampai pada skala nano. Sedangkan untuk nanosilika bisa diperoleh dengan metode-metode tertentu yang sekarang telah banyak diteliti diantaranya adalah *sol-gel process*, *gas phase process*, *chemical precipitation*, *emulsion techniques*, dan *plasma spraying & foging* proses (Polimerisasi silika terlarut menjadi organo silika).

Lembarannya tersedia dalam warna metalik dan warna non logam. Untuk pemesanan khusus, permukaannya dapat dibuat di dalam berbagai pola dengan meniru bahan-bahan material lainnya seperti pola kayu, keramik dan pola lainnya. Lembaran *Aluminium Composite Panel* biasanya diproduksi dengan ukuran ketebalan 1-10 mm, dan lebar 1.200-1.600 mm.

#### 2.2 PASIR SILIKA

Silika merupakan penyusun utama kerak bumi (Holmes 1964), dan nama silika sendiri adalah nama yang di berikan kepada sekelompok mineral yang terdiri dar silikon dan oksigen. Kedua elemen ini paling melimpah di kerak bumi.

Silika di temukan umumnya dalam bentuk Kristal dan jarang dalam keadaan amorf. Hal ini disebabkan karena silika terdiri dari ikatan satu atom silicon dan dua atom oksigen, rumus kimia silika adalah  $\text{SiO}_2$ . Pasir silika terdiri dari butiran atau partikel kecil dari mineral dan fragmen batuan. Silika merupakan bagian utama yang membentuk batuan baik itu sedimen, batuan beku maupun batuan malihan (*metamorf*). Kombinasi silika dengan unsur yang lain membentuk mineral golongan silikat. Mineral golongan silikat dikelompokkan berdasarkan perbandingan unsur silikon dan oksigen. Silika hadir di sembilan bentuk kristal yang berbeda (*polimorf*), dengan tiga bentuk utama menjadi kuarsa. Bentuk paling umum yang sering dijumpai adalah *tridymite*, *kristobalit* dan *cryptocrystalline*. Bentuk yang berserat memiliki nama *chalcedony* yang biasa disebut semi-batu mulia (*semi-precious stone*). Bentuk lainnya dapat berupa varietas granular seperti jasper dan flint.



**Gambar 2.1** Pasir Slika Mesh 200

Sumber : Sabda Purna Yudha, 2015

### 2.2.1 Sifat Fisik dan Kimia Silika

Tiga bentuk utama dari kristal silika (*quartz*, *tridimit*, dan *cristobalite*) stabil pada suhu yang berbeda dan memiliki subdivisi. Misalnya, ahli geologi membedakan antara alpha dan beta kuarsa. Ketika kuarsa alpha bersuhu rendah di panaskan pada tekanan atmosfer akan berubah menjadi kuarsa beta

pada suhu  $573^{\circ}$  celcius. Tridimit terbentuk pada suhu  $870^{\circ}$  celcius dan kristobalit terbentuk pada suhu  $1470^{\circ}$  celcius. Titik leleh silika adalah  $1610^{\circ}$  celcius, lebih tinggi dari besi, tembaga dan alumanium, dan merupakan salah satu alasan mengapa silika digunakan untuk menghasilkan cetakan dan inti untuk proses logam cor. Struktur kristal kuarsa didasarkan pada empat atom oksigen di hubungkan bersama untuk membentuk tiga dimensi yang disebut *tetrahedron* dengan satu atom silikon di pusatnya. berjuta tetrahedron ini bergabung bersama-sama dengan berbagi satu atom oksigen untuk membentuk kristal kuarsa. Kuarsa biasanya berwarna putih, tetapi sering diwarnai oleh impuritie besi sehingga menghasilkan bermacam-macam warna. Kuarsa merupakan mineral yang tranparan dan tembus cahaya, sehingga sering digunakan dalam pembuatan kaca, dan memiliki kilap vitreous. Kuarsa adalah mineral keras karna kekuatan ikatan antara atom. Kuarsa juga relatif inert dan tidak bereaksi dengan asam encer.

#### 2.2.2 Pemanfaatan Pasir Silika

- 1) Pada industri keramik, pasir kuarsa merupakan pembentuk badan keramik bersama dengan bahan baku lain, seperti kaolin, lempung, felspar, dan bahan pewarna. Pasir kuarsa ini umumnya pembentuk sifat glazur pada badan keramik, sehingga berbentuk licin dan mudah untuk dibersihkan. Selain itu, pasir kuarsa mempunyai sifat sebagai bahan pengurus yang dapat mempermudah proses pengeringan, pengontrolan, penyusutan, dan memberi kerangka pada badan keramik.
- 2) Pada proses akhir pengolahan pasir kuarsa menjadi gelas dan kaca, yaitu dengan jalan meleburkannya bersama bahan-bahan lain seperti soda dan kapur dalam tungku peleburan. Sebagai bahan pembentuk gelas kontribusi silica ( $\text{SiO}_2$ ) sangat dominan. Unsur lain seperti soda ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) dimanfaatkan dalam proses pencairan, sedangkan kapur ( $\text{CaO}$  dan  $\text{MgO}$ ) berfungsi sebagai stabilisator ketika proses pencairan dan pembentukan kembali gelas dan kaca tersebut. Biasanya, pada saat

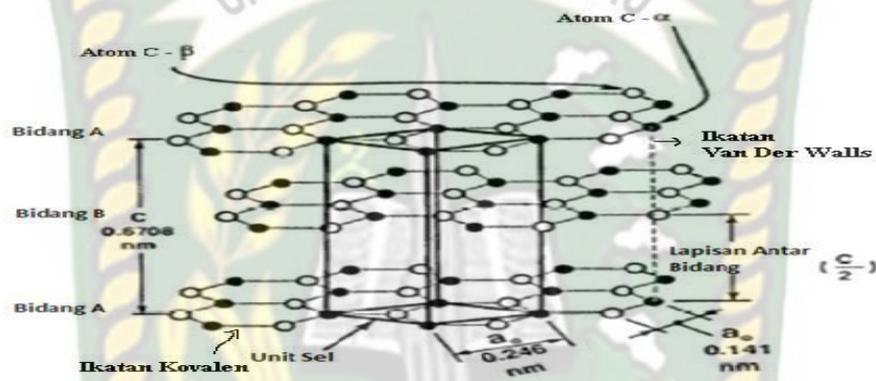
pengolahan ditambahkan belerang untuk membantu pelunakan gelas ketika dicairkan. Untuk proses pembuatan gelas yang berkualitas tinggi perlu ditambahkan aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) dan  $B_2O_3$  untuk menambah ketahanan gelas.

- 3) Pemanfaatan pasir kuarsa dalam industri pengecoran, karena memiliki titik leleh lebih tinggi dari logam. Fungsi pasir kuarsa di industri ini adalah sebagai pasir cetak dan *foundry*. Kondisi pasir kuarsa untuk pasir cetak perlu kriteria khusus, seperti penyebaran dan kehalusan butir, bentuk butir, *bulk density*, *base permeability* dan titik mensinter, kadar lempung, tempering water, kuat tekan, kuat geser, dan permeabilitas.
- 4) Pada industri baja tahan api dipakai untuk pembentuk konstruksi bata sebagai bahan baku utama (minimal 95 %).
- 5) Industri cat sebagai bahan pengisi (*filler*).
- 6) Industri karet sebagai bahan pengeras. Manfaat dari penambahan nanosilika pada ban akan membuat ban memiliki daya lekat yang lebih baik terlebih pada jalan salju, mereduksi kebisingan yang ditimbulkan dan usia ban lebih panjang daripada produk ban tanpa penambahan nanosilika.

### 2.3 SERBUK GRAFIT

Grafit merupakan zat bukan logam yang berwarna hitam yang mampu menghantarkan panas dengan baik, tahan panas dan dapat dihancurkan menjadi serbuk yang lebih kecil. Sifat fisika grafit ditentukan oleh sifat dan luas permukaannya. Grafit merupakan mineral native element dengan komposisi C (karbon). Mineral ini memiliki banyak karakteristik unik. Grafit memiliki sistem kristal heksagonal, tampak sebagai massa berfoliasi atau lembaran-lembaran tipis yang terlepas, struktur opak dan pada umumnya berwarna hitam. Grafit merupakan dimorfisme dari Intan, tetapi mempunyai tingkat kekerasan sangat rendah (1-2). Grafit memiliki berat jenis 2,23, belahan baik/jelas dan apabila diraba terasa berminyak. Mineral ini sangat tahan terhadap panas dan tidak

mudah larut dalam air. Grafit juga merupakan satu satunya mineral bukan logam yang mampu menghantar listrik. Sifat-sifat unik yang dimiliki Grafit membuat mineral tersebut memiliki banyak kegunaan. Kegunaan Grafit antara lain, sebagai bahan baku untuk baterai kering, bahan pencampur pelumas (*lubricant*), cat, bahan pembuatan *crucibles* (tungku pencair logam), sikat dinamo, elektroda untuk proses galvanisasi, bahan pembuatan sepatu rem kendaraan, dipakai dalam industri peleburan baja (*foundry*) dan juga sebagai bahan utama pensil (Sukandarrumidi. 1999).



**Gambar 2.2** Struktur Kristal Grafit  
Sumber : Fitri Anika, 2015

Struktur kristal grafit diilustrasikan pada Gambar 2.3 dimana grafit dapat dikatakan berbentuk tiga dimensi dengan ikatan kimia berupa ikatan kovalen. Grafit (C) memiliki ikatan kovalen dan ikatan Van der Waals seperti terlihat pada Gambar 2.3 dimana pada kristal grafit, ikatan kovalen terjadi antar atom-atom C pada lapisan tertentu, serta ikatan Van der Waals terjadi antar lapisan. Ikatan kovalen merupakan ikatan yang terjadi karena pemakaian bersama beberapa pasangan elektron oleh atom-atom dengan valensi sama yang saling berikatan dan Ikatan Van der Waals adalah ikatan antar molekul yang dibentuk oleh gaya ikat Van der Waals, yaitu gaya tarik-menarik elektrostatis akibat distribusi muatan listrik yang tidak simetris dalam molekulnya.

## 2.4 KONDUKTIVITAS LISTRIK

Konduktivitas adalah ukuran seberapa kuat suatu bahan dapat menghantarkan arus listrik. Sifat material bergantung dari bahan-bahan

penyusunnya. Dan dari hal tersebut juga berhubungan dengan setiap material terdiri dari atom-atom penyusun yang dimiliki elektron-elektron. Karena adanya pergerakan dari electron ini dapat menimbulkan terjadinya listrik. Aliran listrik ini dapat dipengaruhi oleh konduktivitas dan resistivitas suatu bahan.

#### 2.4.1 Resistivitas

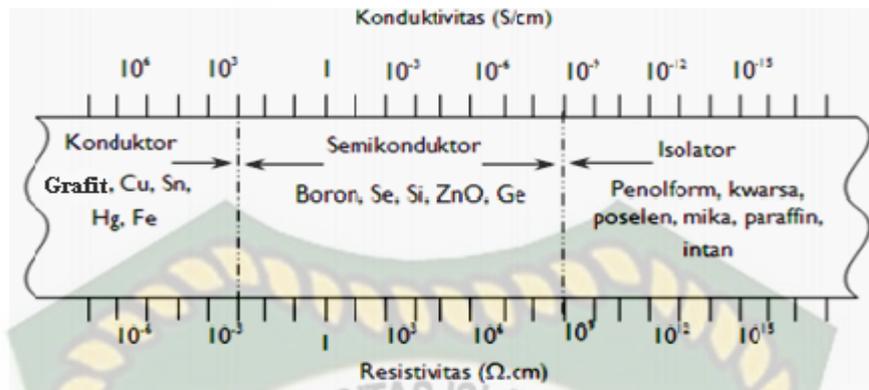
Resistivitas material adalah resistansi terhadap aliran arus listrik dengan beberapa material menolak aliran arus lebih dari yang lain. Hukum ohm menyatakan bahwa ketika sumber tegangan ( $V$ ) diterapkan antara dua titik dalam satu rangkaian, arus listrik ( $I$ ) akan mengalir diantara mereka didorong 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.

#### 2.4.2 Konduktansi

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

#### 2.4.3 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 ( $1$ )  $\Omega^{-1}$ .



**Gambar 2.3** Spektrum Konduktivitas Listrik dan Resistivitas

Sumber : Fitri Anika, 2015

#### 2.4.4 Rumus Konduktivitas 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 = Resesistivitas Listrik ( $\Omega$ /cm)

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:

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

Keterangan :

L = Tebal bahan (cm)

A = Luas alas pellet ( $\text{cm}^2$ ) = ( $\pi \cdot r^2 = 3,14 \times 1.272^2 = 5,08 \text{ cm}^2$ )

R = Resistansi (ohm)

G = Konduktansi (Siemens)

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

## 2.5 RESIN EPOXY

*Epoxy* adalah bahan yang dikenal memiliki sifat adhesi namun bahan ini juga baik untuk melindungi kayu, logam, kaca, dan beton. Selain itu ada beberapa jenis plastik sebagai cat dengan bentuk lapisan yang keras. *Epoxy* resin ini juga dapat anda gunakan untuk menghasilkan model tuangan, cetakan, dan perlengkapan lainnya. bahan *epoxy* resin ini akan mudah terurai dibawah sinar matahari. *Epoxy* memiliki rangkaian polimer yang awalnya sebuah cairan dan setelah ada reaksi kimia berubah menjadi padat. Bahan ini memiliki sifat kimia yang tahan dengan berbagai unsur kimia dalam bentuk padat dan memiliki daya rekat yang tinggi ketika ada perubahan konversi dari cair menjadi padat.

*Epoxy* Resin merupakan jenis *prepolymer* reaktif dan *polymer* yang mengandung *epoxide*. Banyak aplikasi industri yang memiliki *epoxy* resin untuk berbagai keperluan. *Epoxy* memiliki sifat mekanik yang lebih tinggi, lebih tahan panas dan kimia. *Epoxy* resin juga disebut polyepoxides. Ada beberapa kegunaan dari epoxy resin sebagai berikut :

- Pelapis logam
- Insulator listrik
- Bahan plastik yang diperkuat serat
- Perekat struktural
- Dapat digunakan untuk elektronik maupun komponennya

*Epoxy* resin lebih unggul dari jenis resin lainnya karena memiliki penyusutan rendah selama pengerjaannya, dan kelembaban serta ketahanan terhadap bahan kimia yang sangat baik. *Epoxy* resin tahan terhadap benturan, memiliki sifat listrik dan isolasi yang baik serta umur yang sangat lama. Berbagai *epoxy* resin memberikan lebih banyak sifat yang tersedia dalam berbagai cetakan.

## 2.6 KOMPOSIT

Material komposit merupakan kombinasi dua atau lebih material yang berbeda, dengan syarat adanya ikatan permukaan antara kedua material tersebut. Komposit tidak hanya digunakan untuk sifat struktural tapi dapat juga dimanfaatkan untuk berbagai sifat yang lainnya seperti listrik, panas, atau

material-material yang memperhatikan aspek lingkungan. Komposit pada umumnya diklasifikasikan menjadi 2 bagian yang berbeda dimana fasa kontinyu disebut matrik, dan fasa diskontinyu disebut sebagai penguat (Zainuri, 2008).

Dengan Penggabungan dua atau lebih material yang berbeda, maka dapat diperbaiki dan dikembangkan sifat-sifat mekanik dan fisik dari material-material tersebut diantaranya adalah (Sulistijono, 2013)

1. Konduktivitas Termal
2. Ketahanan Fatik
3. Kekuatan
4. Tampilan
5. Kekakuan
6. Ketahanan Korosi
7. Ketahanan Gesek
8. Insulasi Listrik
9. Berat
10. Insulasi Panas

Keuntungan utama dari material komposit yaitu kekuatan dan kekakuan yang tinggi, digabungkan dengan densitas yang rendah jika dibandingkan dengan *bulk material*, sehingga memungkinkan untuk mendapatkan material yang lebih ringan (Campbell, 2010).

Material komposit terdiri dari dua penyusun utama yaitu matriks dan filler:

1) Matriks

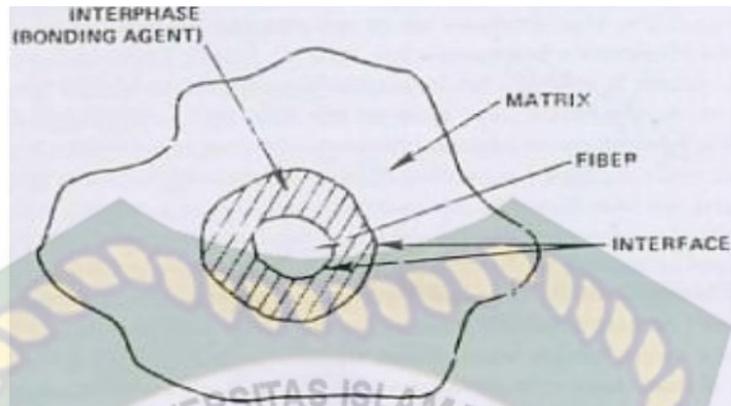
Matriks adalah fasa yang memberikan bentuk pada struktur komposit dengan cara mengikat penguat atau serat secara bersamaan. Karakteristik yang dimiliki matriks umumnya adalah ulet, serta memiliki kekuatan dan rigiditas yang lebih rendah dibanding reinforcednya (Sulistijono, 2013). Matriks ini juga mempunyai fungsi yaitu (Harris, 1999) :

- a. Matriks mengikat *fibres*, menjaga agar tetap sejajar dengan arah tegangan. Beban yang diberikan terhadap komposit akan didistribusikan ke *fibres*, memungkinkan komposit untuk menerima *compression, flexural*, maupun *shear force*. Kemampuan komposit untuk menerima berbagai beban tergantung pada matriks sebagai media pentransfer beban, dan juga efisiensi dari transfer beban juga berkaitan dengan kualitas dari ikatan antara matriks dan *fibres*.
- b. Matriks melindungi *reinforcing filaments* dari kerusakan mekanik, misalnya abrasi dan juga dari kondisi lingkungan lingkungan (Nayiroh, 2013).
- c. Matriks menyumbang beberapa sifat seperti kekakuan, ketangguhan dan tahanan listrik (Nayiroh, 2013).

## 2) Reinforced

*Reinforced* adalah penguat yang ditempatkan di dalam matriks pada komposit dan harus memiliki kekuatan mekanik yang lebih tinggi dari matriksnya. Penguat tidak selalu berfungsi untuk meningkatkan sifat mekanik komposit dan memberikan efek penguatan, tetapi juga digunakan untuk mengubah sifat-sifat fisik seperti sifat tahan aus, koefisien friksi atau konduktivitas termal. Serat-serat penguat dapat dapat dibuat dari logam, keramik, dan polimer yang diubah menjadi serat yang disebut kevlar atau serat grafit yang disebut dengan serat karbon. Serat yang ditanam dalam matriks akan meningkatkan modulus matriks. Ikatan yang kuat sepanjang serat memberikan modulus yang sangat tinggi (Sulistijono, 2013).

Adanya dua penyusun komposit atau lebih menimbulkan beberapa daerah dan istilah penyebutannya; Matriks, sebagai penyusun dengan fraksi volume terbesar, *Reinforced*, sebagai penahan beban utama, *Interphase*, sebagai pelekat antar dua penyusun, dan *interface*, sebagai permukaan phase yang berbatasan dengan fasa lain.

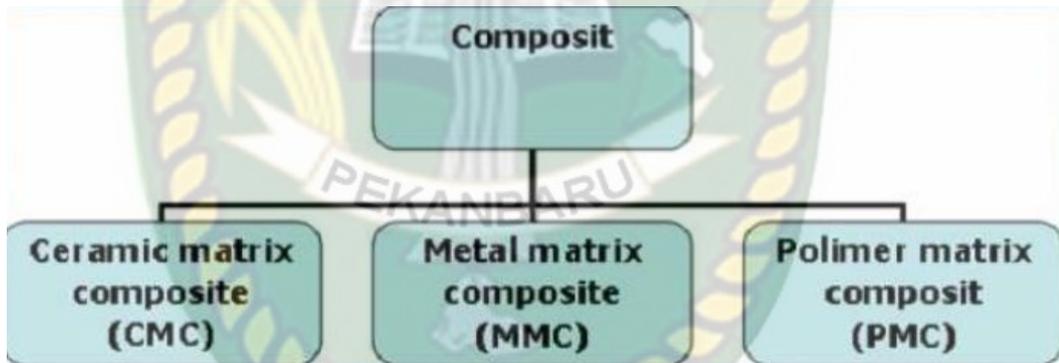


**Gambar 2.4** Struktur Komposit

Sumber : Nayiroh, 2013

### 2.6.1 Klasifikasi Komposit

Berdasarkan jenis matriksnya, komposit dapat diklasifikasikan seperti Gambar 2.5 berikut (Callister, 2001):



**Gambar 2.5** Klasifikasi Komposit Berdasarkan Jenis Matriks

Sumber : Callister, 2001

a. *Polymer Matrix Composite* (PMC)

Komposit jenis ini menggunakan polimer sebagai matriksnya, dengan *fibres* sebagai *reinforcednya*

b. *Metal Matrix Composite* (MMC)

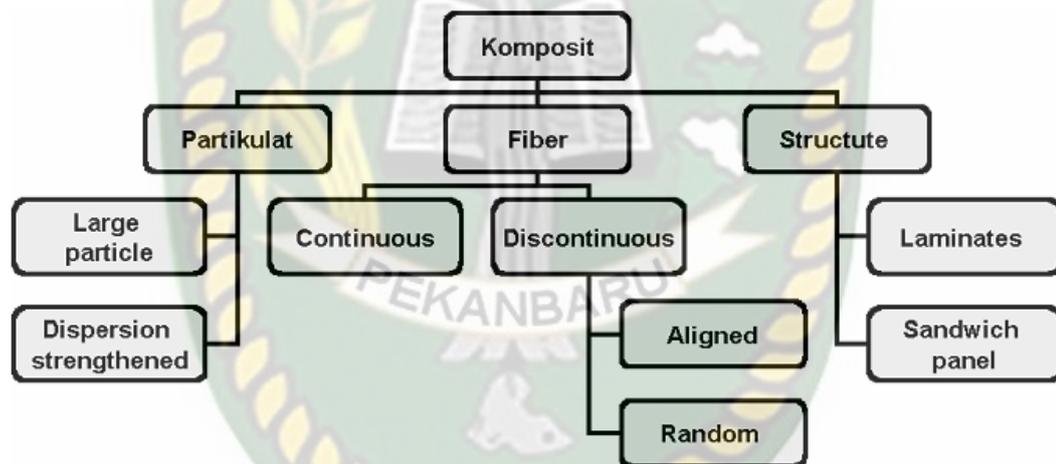
Komposit jenis ini menggunakan logam yang ulet sebagai matriksnya. Material ini dimanfaatkan pada temperatur yang lebih tinggi. Beberapa keuntungannya dibanding PMC yaitu

temperatur operasinya yang lebih tinggi, *nonflammable*, dan juga lebih tahan akan degradasi oleh fluida organik.

c. *Ceramic Matrix Composite* (CMC)

Komposit jenis ini menggunakan keramik sebagai matriksnya. Secara inheren tahan terhadap oksidasi dan juga kerusakan pada temperatur tinggi. Jenis komposit ini sangat cocok untuk digunakan pada temperatur tinggi dan juga untuk aplikasi yang mengalami *severe-stress*, seperti komponen mobil dan juga turbin gas.

Selain itu, komposit juga dapat dibedakan berdasarkan jenis penguatnya pada Gambar 2.6 sebagai berikut:



**Gambar 2.6** Klasifikasi Komposit berdasarkan Jenis Penguat

Sumber : Nayiroh, 2013

a) *Particulate Composite*

Menggunakan penguat berbentuk partikel. Peran partikel dalam komposit partikel adalah membagi beban agar terdistribusi merata dalam material dan menghambat deformasi plastik matriks yang ada di sela-sela partikel.

Beberapa jenis partikel dapat dibagi menjadi seperti di bawah ini:

1. Partikulat
2. Dispersoidal
3. Platelet
4. Fiber pendek (Mat)
5. *Whiskers*

b) *Fiber Composite*

Fungsi utama dari serat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matrik akan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Oleh karena itu serat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matrik penyusun komposit. Adapun parameter serat pada komposit, yaitu:

1. Distribusi
2. Konsentrasi
3. Orientasi
4. Bentuk
5. Ukuran

c) *Structural Composite*

Komposit jenis ini biasanya terdiri dari material homogen, dimana sifatnya tak hanya bergantung pada konstituen materianya saja, namun juga bergantung pada desain geometrinya dari struktur elemen. Jenis ini dapat dibagi lagi menjadi:

1. *Laminar Composite*

Terdiri dari *two-dimensional sheet* yang memiliki arah *high-strength* seperti yang ditemukan pada kayu. Lapisan ditumpuk dan kemudian ditempel secara bersamaan sehingga orientasi arah *high-strength* nya bervariasi.

## 2. *Sandwich Panels*

*Sandwich panels* terdiri dari dua lembar luar yang kuat, atau wajah, dipisahkan oleh lapisan bahan yang kurang padat, atau inti, yang memiliki kekakuan yang lebih rendah dan kekuatan yang lebih rendah. Bagian wajah menanggung sebagian besar in-plane loading, dan juga bending stress yang melintang (Callister, 2001).

### 2.6.2 Keramik

Keramik adalah semua benda benda yang terbuat dari tanah liat/lempung yang mengalami suatu proses pengerasan dengan pembakaran suhu tinggi. Pengertian keramik yang lebih umum adalah bahan yang di bakar tinggi termasuk didalam nya gips, semen, metal dan lainnya. Dari kepadatan material yang terkandung di dalamnya terbagi atas beberapa jenis:

#### 1. Keramik Batu (*Stoneware*)

Dibuat dari bahan lempung plastis yang di campur dengan bahan yang tahan api sehingga dapat di bakar pada suhu tinggi yang berkisar ( $1200^{\circ}$ - $1300^{\circ}$ C). Keramik jenis ini mempunyai struktur dan tekstur halus dan kokoh, kuat dan seperti batu. Keramik jenis ini termasuk golongan menengah.

#### 2. Porselin (*Porcelain*)

Porselin adalah jenis keramik bakaran suhu tinggi yang di buat dari bahan lempung murni yang tahan api, seperti kaolin, alumina dan silika. Pada umumnya, porselin di pijar sampai suhu  $1350^{\circ}$ C atau  $1400^{\circ}$ C, bahkan ada yang lebih tinggi sampai mencapai  $1500^{\circ}$ C. Porselin yang tampak nya tipis dan rapuh sebenarnya mempunyai kekuatan karena struktur dan teksturnya yang rapat serta keras seperti gelas. Secara teknis keramik jenis ini mempunyai kualitas tinggi.

### 3. Keramik Baru ( *New Ceramic* )

Keramik ini yang secara teknis, di proses untuk keperluan teknologi tinggi seperti peralatan mobil, listrik, konstruksi, komputer, cerobong pesawat, Kristal optic, keramik metal, keramik multi lapis, keramik multi fungsi, komposit keramik, silikon, *bioceramic*, dan keramik magnet.

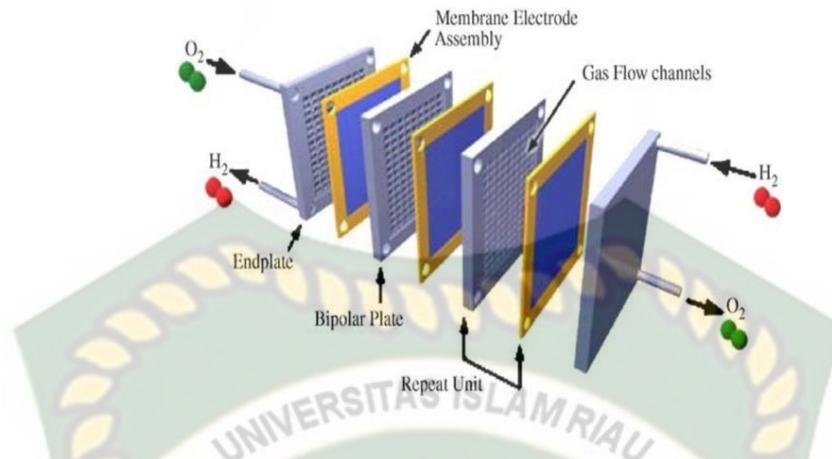
### 4. Gerabah ( *Earthenware* )

Terbuat dari semua jenis bahan tanah liat yang plastis dan mudah di bentuk dan di bakar pada suhu maksimum 1000°C. Keramik jenis ini struktur dan tekstur sangat rapuh, kasar, dan masih berpori. Gerabah termasuk jenis keramik berkualitas rendah apa bila di bandingkan dengan keramik batu dan porselin.

## 2.7 PEMFC

PEMFC (*Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell*) merupakan sebuah perangkat elektrokimia yang mengubah secara langsung energy kimia bahan bakar menjadi energi listrik melalui reaksi berpasangan oksidasi-reduksi (Yuhua, 2006). PEMFC memiliki beberapakomponen primer yang memegang peranan penting dalam menjalankan fungsi dari PEMFC itu sendiri, diantaranya *membrane electrolyte assembly* (MEA), *gas diffuslayer*, gasket pelat bipolar, kolektor arus dan *endplate*.

*Fuel cell* (sel bahan bakar) adalah suatu konverter dari energi kimia menjadi energi listrik dengan memanfaatkan kecenderungan hidrogen dan oksigen untuk bereaksi dimana operasi jangka panjangnya dapat terus menerus terjadi selama bahan bakarnya dapat terus disuplai yaitu hidrogen dan oksigen. Gas hidrogen dan oksigen secara elektrokimia dikonvert menjadi air. Polymeric electrolyte membrane fuel cell (PEMFC) disebut juga proton exchange membrane fuel cell. Membran ini berupa lapisan tipis padat yang berfungsi sebagai elektrolit pemisah katoda dan anoda. Membran ini secara selektif mengontrol transport proton dari anoda ke katoda dalam sel bahan bakar. Berikut disajikan komponen-komponen dalam gambar 2.7.



**Gambar 2.7** Komponen PEMFC

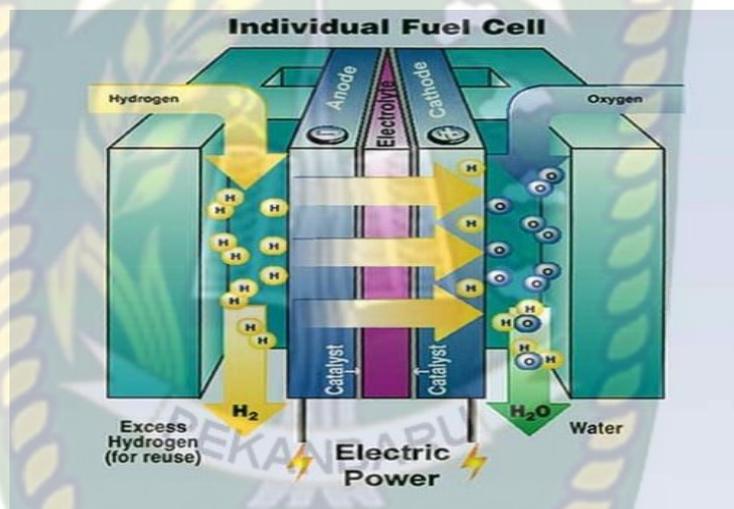
Sumber : Tsuchiya, 2005

Keunggulan yang dimiliki oleh *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC) secara umum adalah tingkat efisiensi energi yang tinggi, densitas energi yang tinggi, dapat digunakan pada temperatur pengoperasian yang rendah, suplai bahan bakar yang tepat serta dapat digunakan untuk jangka waktu pemakaian yang cukup lama. Keunggulan yang dimiliki oleh PEMFC secara terperinci adalah sebagai berikut:

- PEMFC mempunyai elektrolit padat yang memberikan ketahanan yang sangat baik terhadap gas.
- Temperature operasi PEMFC yang rendah memungkinkan waktu *start up* yang cepat.
- PEMFC cocok digunakan terutama untuk situasi dimana hidrogen murni dapat digunakan sebagai bahan bakar.
- PEMFC mampu beroperasi pada kondisi tekanan hingga 20,68 MPa dan memiliki differensial tekanan hingga 3,45 MPa.
- Stack* PEMFC mudah untuk disusun sehingga mudah untuk digunakan dalam berbagai aplikasi.
- Kapasitas daya listrik yang dihasilkan oleh PEMFC cukup bervariasi mulai dari 0,1 W – 100 kW.
- PEMFC dapat beroperasi pada rapat arus yang sangat tinggi dibandingkan dengan jenis *Fuel cell* yang lainnya.

### 2.7.1 Prinsip Kerja *Fuel Cell*

Prinsip kerja *fuel cell* yaitu hidrogen di dalam sel dialirkan menuju sisi anoda sedangkan oksigen di dalam udara dialirkan menuju sisi katoda. Pada anoda terjadi pemisahan hidrogen menjadi elektron dan proton (ion hidrogen). Ion hidrogen ini kemudian menyebrang dan bertemu dengan oksigen dan elektron di katoda dan menghasilkan air. Elektron-elektron yang mengandung muatan listrik ini akan menuju katoda melalui jaringan eksternal. Aliran elektron-elektron inilah yang akan menghasilkan arus listrik.



**Gambar 2.8** Skema sel bahan bakar (fuel cell)

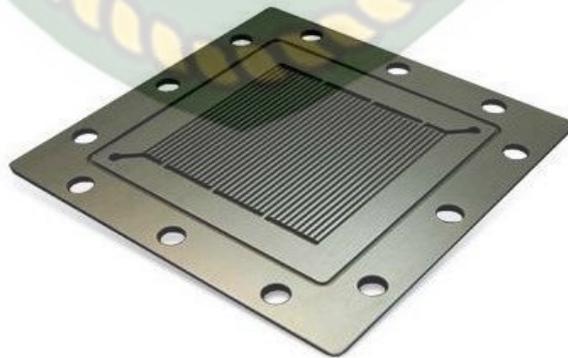
Sumber : Anonim, 2012

Skema gambaran pada prinsip sel bahan bakar ditunjukkan pada Gambar 2.8. hidrogen sebagai bahan bakar yang dikonsumsi pada anoda, menghasilkan elektron yang dialirkan ke katoda melalui rangkaian luar. Ion hidrogen masuk ke larutan elektrolit dan tersebar ke katoda oleh aliran elektroosmotik. Pada katoda, oksigen dikombinasikan dengan elektron dan proton dari aliran elektrolit untuk menghasilkan air dan panas. Dapat dilihat pada anoda terjadi reaksi pelepasan elektron oleh hidrogen, yang mengalir secara kontinu ke anoda dari tanki penyimpanan gas hidrogen bertekanan atau tanki hidrida logam, membentuk proton yang lalu dibawa melalui elektrolit menuju katoda, dan elektron yang diproduksi mengalir melalui beban listrik

ke katoda. Proton dan elektron yang mengalir melalui jalan terpisah tersebut kemudian pada katoda mereduksi oksigen (yang berasal dari tanki oksigen murni atau udara) membentuk air. Ionic liquids fuel cell (ILFs) merupakan sel bahan bakar berbasis hidrogen dengan cairan ionik sebagai elektrolitnya, yang berfungsi sebagai media untuk proton ( $H^+$ ) bermigrasi dari anoda menuju ke katoda.

### 2.7.2 Pelat Bipolar

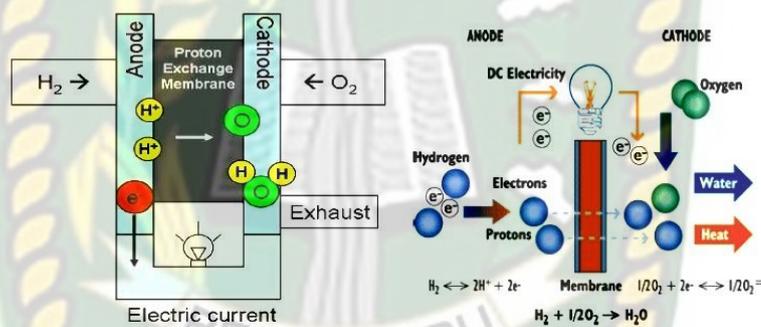
Pelat bipolar berfungsi sebagai elemen dari *membrane fuel cell* yang berfungsi sebagai penukar proton pada selaput bahan bakar sel, dimana polimer dipakai sebagai map dan grafit digunakan untuk mengisi energi listrik untuk memberikan tekanan pada pergerakan arus listrik didalam *fuel cell*. Efek dari 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 2.8 adalah contoh hasil pelat bipolar untuk sel bahan bakar PEMFC pada kondisi penekanan 10 kPa dan temperatur 100°C. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, pelat bipolar konvensional berkontribusi terhadap 80% volume, 70% berat, dan 60% biaya dari *fuel cell*. Oleh karena itu, diperlukan pelat bipolar yang murah, tipis, ringan, sehingga dapat mengurangi bobot, volume, dan biaya produksi *fuel cell*.



**Gambar 2.9** Pelat Bipolar PEMFC

Sumber : Lubin, 1982

Pelat bipolar disebut juga pelat pemisah, pelat pengatur distribusi gas, atau pelat pengumpul arus, adalah sebuah pelat konduktif yang letaknya menjepit sel-sel MEA (daerah aktif) di dalam sebuah PEMFC (Gambar 2.9.). Pelat bipolar PEMFC didesain untuk berbagai keperluan seperti distribusi reaktan-reaktan secara merata ke semua daerah aktif, mengerluakan panas yang berasal dari daerah aktif, memindahkan arus dari satu sel ke sel lainnya, mencegah kebocoran reaktan, melembabkan gas dan menjaga sel tetap dingin, menghubungkan serta memisahkan sel-sel tunggal menjadi satu tumpukan, mengeluarkan air dari dalam sel, dan menopang struktur PEMFC.



**Gambar 2.10** Prinsip Kerja Pelat Bipolar PEMFC

Sumber : Fuel Cell Power Green, 1999

### 2.7.3 Standar Pelat Bipolar

Pelat bipolar PEMFC umumnya dibuat dengan menggunakan grafit dan stainless steel. Material grafit memiliki konduktivitas yang tinggi, lebih inert dan tahan terhadap korosi. Namun harganya cukup mahal, baik dari material maupun biaya produksi, begitu pula dengan stainless steel sehingga perlu dilakukan pengembangan material baru. Target keberhasilan dalam mengembangkan pelat bipolar untuk PEMFC mengacu pada standar US Department of Energy (DOE), seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Target Teknis (DOE), USA untuk Karakteristik Pelat Bipolar

Characteristic [Units]	Status 2005	2010 target	2015 - 2020
Cost [\$/kW]	10	5	3
Weight [kg/kW]	0.36	< 0.4	< 0.4
H <sub>2</sub> permeation [cm <sup>3</sup> sec <sup>-1</sup> cm <sup>-2</sup> ]	< 2.6 x 10 <sup>-6</sup>	< 2.6 x 10 <sup>-6</sup>	< 2.6 x 10 <sup>-6</sup>
Corrosion [μA/cm <sup>2</sup> ]	< 1 <sup>d</sup>	< 1 <sup>d</sup>	< 1 <sup>d</sup>
Electrical Conductivity [S/cm]	> 600	> 100	> 100
Resistivity [Ω.cm <sup>2</sup> ]	< 0.02	0.01	0.01
Flexural [Mpa]	> 34	> 25	> 25
Flexibility [% at mid-span]	1,5 to 3,5	3 to 5	3 to 5

Sumber: Oky Simbolon, 2011

## 2.8 PELAT BIPOLAR KOMPOSIT

Jenis komposit yang digunakan untuk membuat pelat bipolar pada umumnya adalah komposit non-logam. Matriksnya relatif ulet dan tangguh, sedangkan *filler*-nya lebih kuat dan keras atau memiliki fungsi tertentu. Komposit non-logam yang digunakan untuk membuat pelat bipolar pada umumnya memiliki kandungan *filler* grafit yang cukup besar (hingga 70-80%) dan matriks polimer yang lebih kecil.

Komposit non-logam terbagi menjadi beberapa klasifikasi yaitu karbon-karbon komposit, komposit berbasis termoset, dan komposit berbasis termoplastik. Penelitian ini menggunakan komposit berbasis termoset, lebih detail tentang komposit jenis ini akan dijelaskan pada sub bab berikutnya. Membran polimer merupakan komponen yang sangat penting dalam PEM fuel cell. Membran polimer ini dapat memisahkan reaktan dan menjadi sarana transportasi ion hidrogen yang dihasilkan di anoda menuju katoda sehingga menghasilkan energi listrik. Kemurnian gas hidrogen sangat mempengaruhi emisi buang sistem fuel cell berbasis polimer tersebut. Kemurnian hidrogen yang tinggi memberikan tingkat emisi yang mendekati zero emission.

## 2.9 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).

## 2.10 PERALATAN PEMADAT SERBUK

Peralatan pemadat serbuk membentuk serbuk sebagai bagian dari proses pembentukan serta mengompresi berbagai bahan menjadi bentuk yang kompak untuk transportasi dan kemudahan penanganan (IEEE Globaspec, 2019).

Pemadatan dilakukan karena berbagai alasan, termasuk :

1. Untuk menghasilkan campuran atau campuran yang seragam
2. Untuk menghasilkan kisaran ukuran partikel yang seragam
3. Untuk mengontrol debu
4. Untuk menyesuaikan properti aliran
5. Untuk mengontrol kerapatan curah
6. Untuk mengontrol kekasaran partikel
7. Untuk meningkatkan solusi atau tingkat dispersi

### 2.10.1 Jenis-Jenis Pemadat Serbuk

Ada beberapa konfigurasi utama peralatan pemadatan serbuk (meskipun varietas khusus tersedia). Jenis-jenis ini didefinisikan oleh bentuk produk yang mereka hasilkan atau teknologi yang digunakan untuk memproses bahan. Jenis-jenis telah ada pada saat ini yaitu :

1) *Briket*

Mengubah bahan halus, bubuk menjadi briket atau bongkahan, untuk meningkatkan kualitas, transportasi bahan, pembuangan, penyimpanan, atau pemrosesan sekunder. Briket sering terdiri dari *roll compactor* dengan *roll* bergerigi atau *roll* halus dikombinasikan dengan granulator/ perajang. Briket yang membentuk pada saat percetakan juga ada dan dapat membuat berbagai bentuk briket seperti kubus, almond, dan bentuk tongkat. Briket paling umum digunakan untuk bahan bakar, memiliki temperatur yang baik dan untuk meningkatkan produksi. Bahan yang digunakan dengan jenis pematat ini sering berupa mineral, refraktori, arang dan serbuk logam.

2) *Cold isostatic presses (CIP)*

*Cold isostatic presses (CIP)* menggunakan ruang untuk memadatkan serbuk atau bahan yang di tempatkan dalam alat yang ditekan didalam mold atau alat fleksibel lainnya. Pengepres dingin isostatik menggunakan pompa hidrolis yang diberi tekanan maksimal hingga 10.000 psi. Alat pematat ini dapat membentuk bentuk yang rumit dan karena itu umumnya digunakan untuk nozel refraktori, formasi, dan cawan lebur. *Cold isostatic pressing (CIP)* adalah salah satu metode pemrosesan material.

#### 2.10.2 Spesifikasi Pematat Serbuk

Saat memilih pematat bubuk, penting untuk mempertimbangkan volume material yang perlu di padatkan. Semakin besar gaya kebawah, semakin besar volume material yang dipadatkan.

Kapasitas / diameter menggambarkan diameter internal maksimum rongga *die* yang dapat digunakan dalam penekan tablet. Untuk pengepresan isostatik, diameter internal bilik menentukan diameter atau kapasitas lebarnya. Untuk pengepres briket, diameter gulungan dinyatakan disini,

karena rongga dapat bervariasi secara dinamis. Kedalaman / kapasitas pengisian adalah panjang internal maksimum rongga die yang dapat digunakan dalam pers uniaksial atau tablet.

Spesifikasi lain yang harus dipertimbangkan termasuk kekuatan operasi maksimum, yang menggambarkan gaya yang diperlukan untuk mencapai kerapatan yang diinginkan tetapi bervariasi dengan bahan dan geometri bagian.

## **2.11 PROSES PEMBENTUKAN SERBUK**

Berbagai macam proses fabrikasi digunakan untuk menyiapkan serbuk keramik untuk keramik. Proses untuk produk tertentu didasarkan pada bahan, bentuk kompleksitas produk, persyaratan properti dan biaya. Pengolahan keramik umumnya melibatkan tiga hal dasar :

1. Persiapan bubuk
2. Mencampur partikel bubuk dengan aditif (untuk memberikan karakteristik khusus)
3. Membentuk, mengeringkan dan menembakkan bahan

### **2.11.1 Pressing**

Pengepresan ialah metode paling sederhana dalam pemerosesan bubuk keramik untuk pengembangan produk berbasis bahan komposit berbentuk keramik. Bahan baku dihancurkan dalam bubuk halus yang di campur dengan aditif dan kemudian di olah menjadi produk yang bermanfaat. Dalam operasi pengepresan, bubuk yang mengandung sedikit jumlahnya air dipadatkan di bawah tekanan. Berbagai macam keramik tradisional dan secara canggih diproses dengan metode pengepresan bubuk yang mencakup barang elektronik dan listrik, serta produk keramik, lantai dan ubun dinding dan isolator busi atau pelapis pada bagian luar busi. Pengepresan bubuk bisa dilakukan dalam beberapa cara yaitu sebagai berikut :

1. *Dry pressing*

Teknik pengepresan kering digunakan untuk bentuk sederhana seperti produk serbuk. Campuran bubuk dan kadar air tersebut sangat rendah (kurang dari 4%). Berbagai pengikat ( organik maupun anorganik) dapat di tambahkan dalam campuran tergantung kebutuhan.

2. *Wet and hot pressing*

Dalam metode pengepresan basah, produk diproses di bawah tekanan tinggi dalam cetakan. Konten kelembaban adalah relatif tinggi (10-15%). Dalam teknik pengepresan basah, tingkat produksi tinggi dan dimungkinkan menangani bentuk yang rumit tetapi prosesnya cocok untuk pekerjaan yang lebih kecil dan tidak ada kontrol yang lebih akurasi dimensi.

3. *Iso-static pressing*

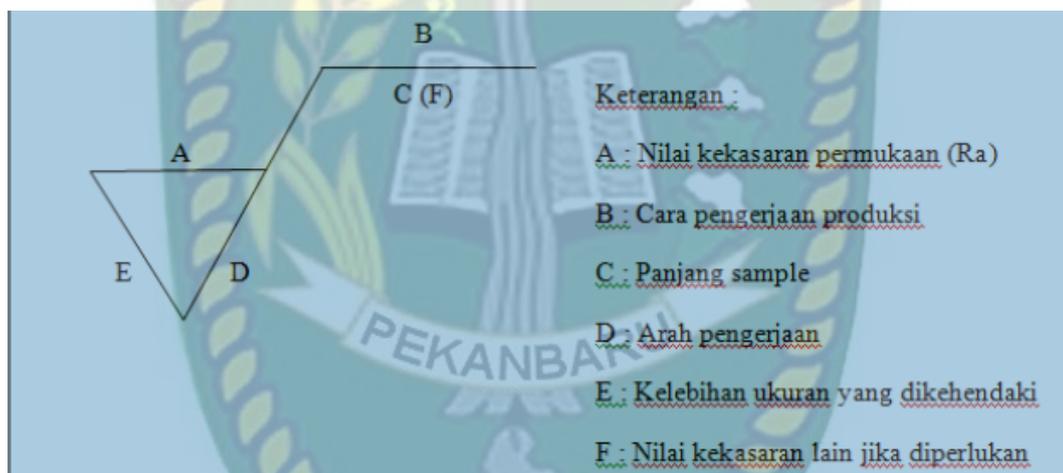
*Iso-static pressing* digunakan untuk mendapatkan kerapatan yang seragam dalam produk. Isolator adalah dibuat dengan metode penekanan iso-statis. Campuran bubuk di tempatkan di sekitar pin mandrel pusat dalam cetakan yang fleksibel dimana tekanan fluida di terapkan dari luar.

## 2.12 KEKASARAN PERMUKAAN

Salah satu karakteristik geometris yang ideal dari suatu komponen adalah permukaan yang halus. Dalam prakteknya memang tidak mungkin untuk mendapatkan suatu komponen dengan permukaan yang betul-betul halus. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, misalnya faktor manusia (operator) dan faktor-faktor dari mesin-mesin yang digunaka untuk membuatnya. Akan tetapi, dengan kemajuan teknologi terus berusaha membuat peralatan yang mampu membentuk permukaan komponen degan tingkat kehalusan yang cukup tinggi menurut standar ukuran yang berlaku dalam metrologi yang dikemukakan oleh para ahli pengukuran geometris benda melalui pengalaman penelitian.

Tingkat kehalusan suatu permukaan memang peranan yang sangat penting dalam perencanaan suatu komponen mesin khususnya yang menyangkut masalah gesekan pelumasan, keausan, tahanan terhadap kelelahan dan sebagainya. Oleh karena itu, dalam perencanaan dan pembuatannya harus dipertimbangkan terlebih dulu mengenai peralatan mesin yang mana harus digunakan untuk membuatnya serta berapa ongkos yang harus dikeluarkan. Agar proses pembuatannya tidak terjadi penyimpangan yang berarti maka karakteristik permukaan ini harus dapat dipahami oleh perencana lebih-lebih lagi oleh operator. Komunikasi karakteristik permukaan biasanya dilakukan dalam gambar teknik.

Rumus Kekasaran :



**Gambar 2.11** Lambang kekasaran permukaan

Angka yang ada pada symbol kekasaran permukaan merupakan nilai dari kekasaran permukaan aritmatik (Ra). Nilai Ra telah dikelompokkan menjadi 12 kelas kekasaran sebagaimana terlihat pada Tabel 2.7 dibawah ini.

**Tabel 2. 2** Angka Kekasaran Permukaan.

Kelas Kekasaran	Harga Ra (µm)	Toleransi (µm) (+50% & - 25%)	Panjang sampel (mm)
N1	0,025	0,02 – 0,04	0,08
N2	0,05	0,04 – 0,08	0,25
N3	0,1	0,08 – 0,15	
N4	0,2	0,15 – 0,03	
N5	0,4	0,03 – 0,06	0,8
N6	0,8	0,6 – 1,2	
N7	1,6	1,2 – 2,4	
N8	3,2	2,4 – 4,8	
N9	6,3	4,8 – 9,6	2,5
N10	12,5	9,6 – 18,75	
N11	25	18,5 – 37,5	8
N12	50	37,5 – 75,0	

$$a = \left( = \frac{d_0 - d_m}{2} \right) \dots \dots \dots (2.9)$$

- Dimana :
- $a$  = kedalaman potong (mm)
  - $d_0$  = diameter awal (mm)
  - $d_m$  = diameter akhir (mm)

**2.12.1 Permukaan**

Menurut istilah keteknikan, permukaan adalah suatu batas yang memisahkan benda padat dengan sekitarnya. Dalam prakteknya, bahan yang digunakan untuk benda kebanyakan dari besi atau logam. Oleh karena itu, benda-benda padat yang bahannya terbuat dari tanah, batu, kayu dan karet tidak akan disinggung dalam pembicaraan mengenai karakteristik permukaan dan pengukurannya.

Kadang-kadang ada pula istilah lain yang berkaitan dengan permukaan yaitu profil. Istilah profil sering disebut dengan istilah lain yaitu bentuk. Profil atau bentuk yang dikaitkan dengan istilah permukaan mempunyai arti tersendiri yaitu garis hasil pemotongan secara normal atau serong dari suatu penampang permukaan. Untuk mengukur dan menganalisis suatu permukaan dalam tiga dimensi adalah sulit.

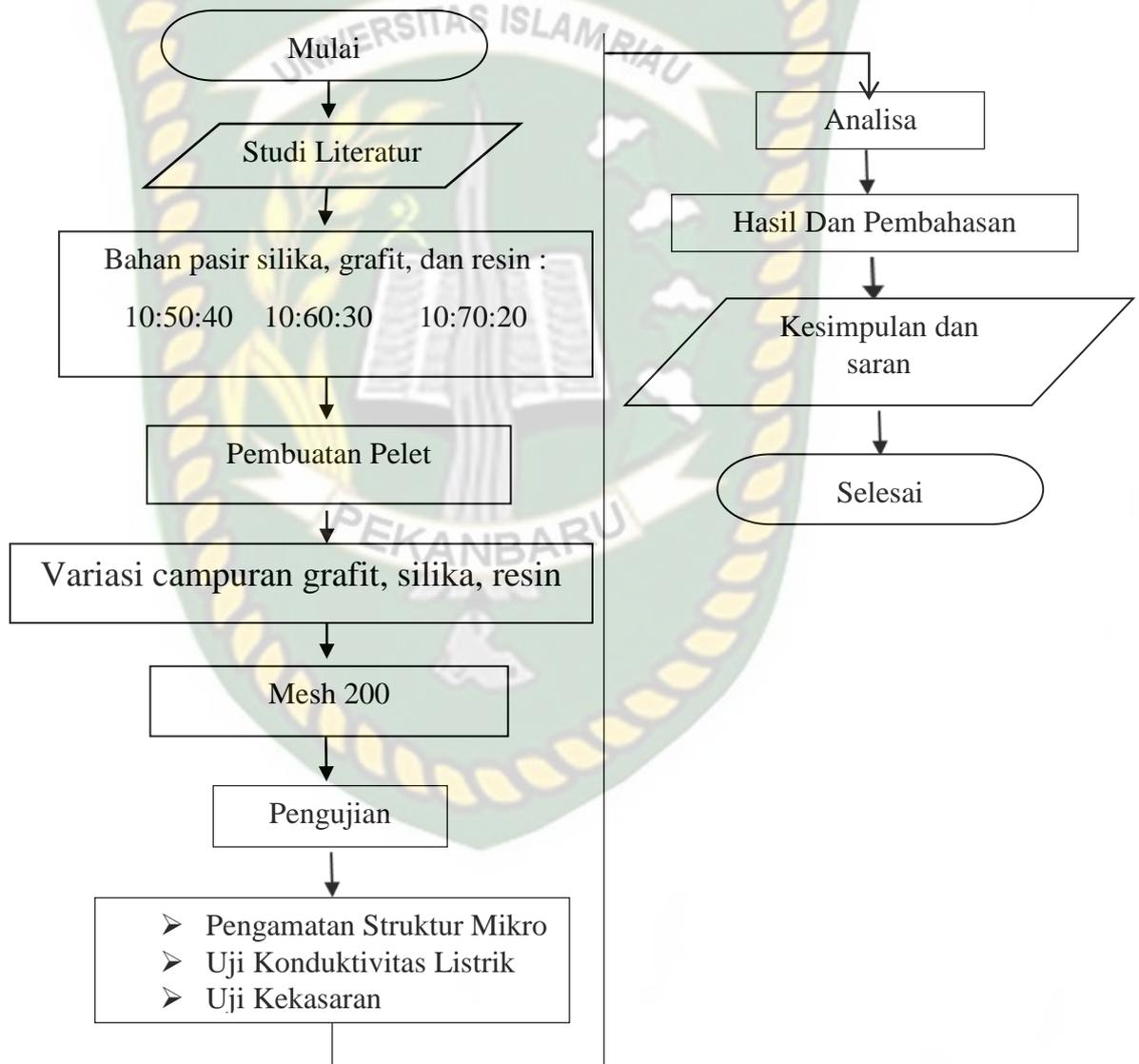
### 2.13 Struktur Mikro

Struktur makro merupakan gambaran dari kumpulan fasa-fasa yang dapat diamati melalui teknik metalografi. Struktur makro suatu spesimen uji dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop. di dalam pengaplikasiannya pelat bipolar dilakukan uji struktur makro adalah untuk mengetahui pori-pori atau lubang kecil yang tidak terisi oleh ketiga bahan tersebut dan dengan adanya pori-pori ini maka jarak antar partikel semakin jauh yang dapat menyebabkan berkurangnya daya hantar listrik karena jauhnya jarak antar partikel tersebut dan apabila partikel hampir tidak berjarak maka akan membuat nilai konduktivitas listrik semakin tinggi dan baik.

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 DIAGRAM ALIR

Pada penelitian ini di gunakan pasir silika dengan ukuran mesh 200. Kemudian bahan yang dihasilkan akan dilakukan uji porositas, uji kekasaran dan uji konduktivitas listrik. Diagram alir dapat di lihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir

Berdasarkan diagram alir penelitian diatas, dapat dijelaskan bahwa dalam penelitian Tugas Akhir terdapat tahapan yang dilakukan guna hasil yang didapatkan dalam Analisa ini tepat sasaran dan sesuai yang diharapkan. Adapun penjelasannya Antara lain:

- a. Studi literatur
- b. Pengambilan data-data dalam pembuatan Tugas Akhir ini sesuai dengan permasalahan yang terjadi pada keramik guna terciptanya pelet komposit yang baru dengan pemanfaatan silika untuk kebutuhan peneliti.
- c. Bahan pasir kuarsa  $\text{SiO}_2$

Pada tahap ini peneliti menggunakan bahan pasir kuarsa  $\text{SiO}_2$ .

- d. Pembuatan Pelet

Serbuk silika ukuran mesh 200 dicampur dengan matriks keramik serbuk grafit, kemudian bahan dikocok dengan menggunakan mesin pencampur selama 15 menit. Setelah bahan tercampur, langkah selajutnya adalah memasukkan resin epoxy dan metanol dengan jumlah metanol yang digunakan sebanyak 35 ml untuk masing-masing resin epoksi pada setiap pembuatan komposisi spesimen, kemudian dikocok kembali dengan menggunakan mesin pencampur selama 15 menit, setelah itu percetakan.

- e. Tahap Pengujian

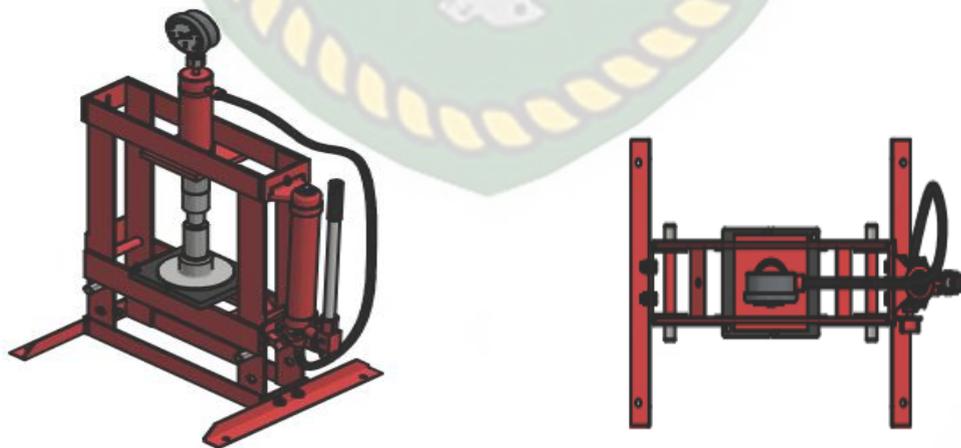
Tahap ini melalukan pengujian lalu dilakukan proses pengambilan data. Adapun proses pengujian yaitu:

1. Melakukan pengujian Struktur Mikro ini dilakukan untuk melihat unsur *epoxy* yang mengikat karbon grafit dan pasir silika pada pelet komposit. Untuk mendapatkan Struktur mikro pada spesimen uji dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop.

2. Melakukan pengujian konduktivitas listrik untuk mengetahui pengaruh serbuk grafit, silika dan *epoxy* terhadap pelet konduktor komposit.
  3. Melakukan pengujian kekasaran permukaan pelet komposit untuk mengetahui kemampuan bahan membentuk permukaan komponen dengan tingkat kehalusan menurut standar ukuran yang berlaku, kekasaran permukaan yang terbentuk akan mempengaruhi performa dari pelat bipolar.
- e. Tahap analisa Data Pengujian dan Kesimpulan
- Tahap ini yaitu data yang diperoleh akan di analisa sehingga dari analisa akan di tarik kesimpulan dan saran dari semua proses yang dilakukan.
- f. Seminar
- Tahap ini merupakan publikasi seminar proposal.

### 3.2 SKETSA GAMBAR RANCANG BANGUN ALAT PRESS PELET KOMPOSIT

#### 3.2.1 Alat Press Pelet Komposit



Gambar 3.2 Alat Press Pelet Komposit

- Spesifikasi :
- Merek : *Hydraulic Press Bench Type 10T*
  - Kapasitas (T) : 10
  - *Working Range* (Mm) : 160 – 330
  - Tipe : *Bench Type*
  - Dimensi (L X W X H) (Mm) : 600 X 500 X 1100
  - Berat (Kg) : 46

### 3.2.2 Alat cetakan besi (*Silinder*)



Gambar 3.3 : Cetakan sampel berbentuk silinder

## 3.3 ALAT DAN BAHAN

### 3.3.1 Persiapan Alat

Alat yang digunakan dalam pembuatan produk (alat) ini adalah :

#### a. Timbangan digital

Timbangan digital bekerja dengan cara mengukur regangan pada sel beban (*strain gauge load cell*). Timbangan digital mengkonversi gaya karena beban/massa (gaya beban) benda menjadi sinyal listrik. Komponen utama pada timbangan digital adalah *strain gauge* dan *sensor load cell*. *Strain gauge* adalah alat yang digunakan untuk mengukur regangan suatu obyek, sedangkan *load cell* sensor adalah alat elektronik yang berfungsi mengkonversi gaya (karena massa benda) menjadi sinyal listrik. *Load cell* disebut juga dengan *force transducer*. Berbeda dengan timbangan digital, neraca analog menggunakan pegas untuk

menunjukkan massa suatu benda dan alat ini di fungsi kan buan menimbang pasir silika dengan takaran yang di tentukan pada



**Gambar 3.3** Timbangan

b. *Stopwatch*

*Stopwatch* berfungsi untuk mengukur lamanya waktu dalam pengujian. stopwatch dapat dilihat pada Gambar 3.4

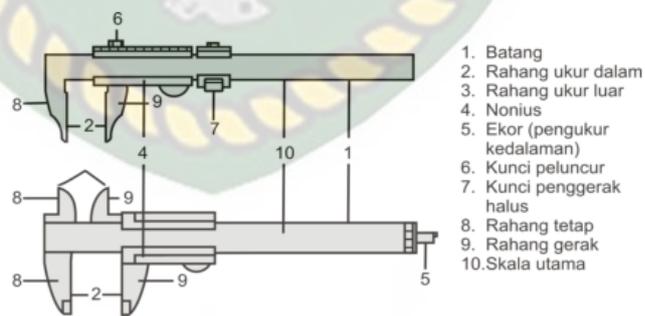


**Gambar 3.4** Stopwatch

c. Jangka sorong

Jangka sorong merupakan alat ukur yang lebih teliti dari mistar ukur. Alat ukur ini mempunyai banyak sebutan misalnya jangka sorong, jangka geser, mistar sorong, mistar geser, *schuifmaat* atau *vernier caliper*. Pada batang ukurnya terdapat skala utama dengan cara pembacaan sama seperti mistar ukur. Pada ujung yang lain dilengkapi dengan dua rahang ukur yaitu rahang ukur

tetap dan rahang ukur gerak. Dengan adanya rahang ukur tetap dan rahang ukur gerak maka jangka sorong dapat digunakan untuk mengukur dimensi luar, dimensi dalam, kedalaman dan ketinggian dari benda ukur. Disamping skala utama, jangka sorong dilengkapi pula dengan skala tambahan yang sangat penting perannya di dalam pengukuran yang disebut dengan skala nonius. Skala nonius inilah yang membedakan tingkat ketelitian jangka sorong. Skala ukur jangka sorong terdapat dalam sistem inchi dan ada pula sistem metrik. Biasanya pada masing-masing sisi dari batang ukur dicantumkan dua macam skala, satu sisi dalam bentuk inchi dan sisi lain dalam bentuk metrik. Dengan demikian dari satu alat ukur bisa digunakan untuk mengukur dengan dua sistem satuan sekaligus yaitu inchi dan metrik. Ketelitian jangka sorong bisa mencapai 0.001 inchi atau 0.05 milimeter. Untuk skala pembacaan dengan sistem metrik, terdapat jangka sorong dengan panjang skala utama 150 mm, 200 mm, 250 mm, 300 mm, dan bahkan ada juga yang 1000 mm. Secara umum konstruksi dari jangka sorong dapat digambarkan seperti gambar 3.5 berikut ini.



**Gambar 3.5** Bagian umum dari mistar ingsut dengan skala nonius.

d. Pengaduk

Alat ini untuk mengocok atau mengaduk suatu baik akan direaksikan maupun ketika reaksi sementara berlangsung dan terbuat dari bahan kaca seperti pada Gambar 3.6 Pengaduk.



**Gambar 3.6** Pengaduk

e. Gelas Kimia

Berupa gelas tinggi, berdiameter besar dengan skala sepanjang dindingnya. Terbuat dari kaca borosilikat yang tahan terhadap panas hingga suhu 200 C. Ukuran alat ini ada yang 50 mL, 100 mL dan 2 L. Gelas kimia adalah sebagai tempat untuk melarutkan zat yang tidak butuh ketelitian tinggi, misalnya pereaksi/reagen untuk analisa kimia kualitatif atau untuk pembuatan larutan standar sekunder pada analisa titrimetri/volumetri. Terdapat berbagai ukuran mulai dari 25 mL sampai 5 Liter. jadi tidak cocok untuk pembuatan larutan yang perlu ketelitian tinggi (secara kuantitatif). Fungsi: : Untuk mengukur volume larutan yang tidak memerlukan tingkat ketelitian yang tinggi, Menampung zat kimia, Media pemanasan cairan, Menyimpan zat kimia, Mencampur zat kimia. Seperti pada gambar 3.7 gelas kaca.



**Gambar 3.7** Gelas Kaca

f. Corong

Corong terdiri atas mulut dan batang corong yang berfungsi untuk proses penyaringan. Panjang sesuai dengan diameter atas corong, ukuran diameter 50, 75, 100, 150, dan 200 mm seperti gambar 3.8 corong.



**Gambar 3.8** Corong

g. Mesin *Press Hidrolic*

Mesin press hidrolik adalah mesin press yang bekerja berdasarkan teori hukum paskal yakni memanfaatkan tekanan yang diberikan pada cairan untuk menekan atau membentuk. Komponen utama pada mesin ini adalah piston, silinder, pipa hidrolik dan beberapa komponen pendukung lainnya. Mesin tersebut tidak hanya mengandalkan kekuatan udara saja namun juga menggunakan kekuatan cairan atau fluida berupa oli hidrolik untuk melakukan penekanan. Bergantung pada spesifikasi mesin, mesin press tersebut mampu menekuk plat-plat berbahan mild steel tebal, aluminium dan juga stainless steel. Cara kerja mesin press hidrolik menggunakan sistem pompa hidrolik yang mengandalkan kinerja pompa hidrolik untuk melakukan penekanan pada bidang press dan benda yang akan di kecilkan volumenya.

Spesifikasi :

- Nomor model: DA-300M, DA-600M, DA-900M, DA-1200M
- Daya: Elektronik
- Penggunaan:Mesin Uji Universal

- penggunaan: untuk menguji porositas, kandungan minyak, kepadatan volume, 4. volume pori, basah kepadatan
- power supply: AC 100 V-240 V
- kepadatan resolusi:0.001g/cm<sup>3</sup>
- mengukur waktu:15 s
- koneksi:RS-232

#### h. Mikroskop

Mikroskop adalah sebuah alat untuk melihat objek yang terlalu kecil untuk dilihat secara kasatmata. Mikroskop merupakan alat bantu yang dapat ditemukan hampir di seluruh laboratorium untuk dapat mengamati organisme berukuran kecil (mikroskopis). Kegunaannya adalah untuk mengetahui struktur mikro dari setiap spesimen yang diuji. Ilmu yang mempelajari benda kecil dengan menggunakan alat ini disebut mikroskopi, mikroskopi adalah ilmu yang mempelajari benda kecil atau benda yang berukuran sangat kecil dengan menggunakan mikroskop dan kata mikroskopik berarti sangat kecil, tidak mudah terlihat oleh mata seperti bakteri, dan lain-lain. Berikut beberapa tahap yang perlu dilakukan sebelum melakukan pengujian struktur :

##### 1) 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.

##### 2) Pemotretan

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



**Gambar 3.9** Alat Uji Struktur Mikro

i. *Surface Roughness Tester*

*Surface roughness tester* merupakan alat yang mampu mengukur tingkat kekasaran permukaan dengan menggunakan standar ISO 1302. Setiap permukaan komponen dari suatu benda mempunyai beberapa bentuk dan variasi yang berbeda baik menurut strukturnya maupun dari hasil proses produksinya. Roughness/kekasaran didefinisikan sebagai ketidakhalusan bentuk yang menyertai proses produksi yang disebabkan oleh pengerjaan mesin. Nilai kekasaran dinyatakan dalam Roughness Average (Ra). Ra merupakan parameter kekasaran yang paling banyak dipakai secara internasional.

Pengukuran kekasaran permukaan diperoleh dari sinyal pergerakan stylus berbentuk diamond untuk bergerak sepanjang garis lurus pada permukaan sebagai alat indicator pengukur kekasaran permukaan benda uji. Prinsip kerja dari *Surface roughness* adalah dengan menggunakan transducer dan diolah dengan mikroprocessor.

Langkah – langkah pengerjaan dengan alat ini adalah :

1. Benda uji diletakkan pada meja datar.
2. Ujung dari dial indicator di set pada posisi stabil untuk melakukan pembacaan skala tekanan terhadap permukaan benda uji
3. Tentukan seberapa panjang dari bagian benda ukur yang akan diuji kekasaran permukaannya, nantinya panjang inilah yang akan dilewati oleh dial indicator.

4. Apabila dial indicator telah melakukan pengukuran sepanjang jarak yang kita tentukan, nilai kekasaran permukaan akan tercatat, dan dapat dilihat dalam bentuk print out.
5. Sebelum dilakukan pengukuran, benda uji dan alat ukur telah diatur sehingga sedapat mungkin tidak terdapat kesalahan dalam pengukuran.

Kekasaran permukaan dapat diklasifikasikan menjadi 3 kategori, yaitu:

1. Deskripsi statistik, yang memberikan nilai rata-rata dan tinggi permukaan contohnya Ra dan Rq.
2. Deskripsi nilai ekstrem , yang didapat berdasarkan nilai pada kondisi maksimum (Rv), dan kekasaran maksimum puncak kelembah(Rmax)
3. Deskripsi tekstur, Dari hasil pengukuran terhadap panjang pengukuran (traversing length) 7.05mm didapat 3 parameter yang telah diatur sebelum melakukan pengukuran. Parameter itu yaitu Ra atau kekasaran rata-rata aritmaik, Rmax atau kekasaran maksimum dari tinggi puncak dan lembah , Rz atau kekasaran total rata-rata. Seperti pada Gambar 3.10.



**Gambar 3.10** Surface roughness tester

Spesifikasi :

- Merek : SRT-6210:
- *Display* : 4 digit, 10 mm LCD, dengan backlight biru
- Parameter : Ra , Rz , Rq , Rt

- *Range* pengukuran : Ra , Rq : 0.005-16.00 um/0.020-629.9 uinch ,Rz , Rt : 0.020-160.0um/ 0.078-6299 uinch
- Akurasi : Tidak lebih dari + -10 %
- Fluktuasi nilai tampilan : Tidak lebih dari 6 %
- Sensor: *Test Principle: Inductance type; Radius of Probe Pin: 5µm; Material of Probe Pin: Diamond; Dynamo-measurement of Probe: 4mN(0.4gf); Probe Angle: 90°; Vertical Radius of Guiding Head : 48mm*
- *Maximum driving stroke: 17.5mm/ 0.7inch*
- *Cutoff length (l): 0.25mm / 0.8mm / 2.5mm optional*
- *Evaluation length: 5l*
- *Driving speed:*
  - *sampling length = 0.25mm Vt=0.135mm/s*
  - *sampling length = 0.8mm Vt=0.5mm/s*
  - *sampling length = 2.5mm Vt=1mm/s*
  - *returning Vt=1mm/s*
- Profil digital filter
  - *Filtered Profile: RC*
  - *Filtered Profile: PC-RC*
  - *Filtered Profile: Gauss*
  - *Non-Filtered Profile: D-P*
- *Evaluation length : 5 cut-off*
- *Power Li-ion battery: rechargeable*
- *Operating conditions: Temperature. 0 ~ 50°C, Humidity <80%*
- *Size : 140x57x48 mm (5.5×2.2×1.9 inch), Weight: sekitar 420 g*

j. Alat Uji konduktivitas Listrik



**Gambar 3.11** Alat Uji Konduktivitas Listrik

Kegunaannya yaitu untuk mengetahui konduktivitas listrik pada pelet komposit. Untuk mengetahui nilai konduktivitas listrik sampel dilakukan pengukuran konduktivitas listrik dengan metode *two point probe* alat LCR. (ASTM B193).

Langkah-langkah pengukuran adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan sampel dengan komposisi.
2. Menyiapkan perangkat pengukuran konduktivitas listrik dengan program LCR, komputer dan LCR tester dalam kondisi hidup.
3. Memasang sampel yang akan diukur konduktivitas listriknya pada sampel holder.
4. Memasang kabel dari perangkat LCR tester yang terhubung langsung pada komputer dengan dua elektroda di kedua sisi sampel holder.
5. *Running* program LCR pada frekuensi listrik yang diinginkan.
6. Mengambil data berupa nilai konduktivitas listrik dan grafik hubungan antara frekuensi listrik dan konduktivitas listrik.

### 3.3.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

#### a. Pasir Silika

Silika adalah keramik temperatur tinggi yang banyak digunakan dalam industri baja dan gelas. Batu silika dibuat dengan membakar kuarsa yang tingkat kemurniannya rendah pada temperatur 1450 °C, dan dengan demikian mengkonversi sedikitnya 98,5% bagiannya menjadi campuran tridimit dan kristobalit yang bentuknya lebih terbuka dan kurang padat. Silika dioksida atau silika adalah salah satu senyawaan kimia yang paling umum. Silika murni terdapat dalam dua bentuk yaitu kuarsa dan kristobalit. Silikon selalu terikat secara tetrahedral kepada empat atom oksigen, namun ikatanikannya mempunyai sifat yang cukup *ionik*.. Dalam kristobalit, atom-atom silikon ditempatkan seperti halnya atom-atom karbon dalam intan dengan atom-atom oksigen berada di tengah dari setiap pasangan. Dalam kuarsa terdapat heliks sehingga terbentuk kristal *enansiomorf*. Kuarsa dan kristobalit dapat saling dipertukarkan apabila dipanaskan seperti pellet pasir silika harus di sentring untuk mendapatkan hasil yang baik seperti ini pada gambar 3.12 Silika dioksida atau silika. Pasir kuarsa Atau Pasir Silika mempunyai komposisi gabungan dari  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ , dan  $\text{K}_2\text{O}$ , berwarna putih bening atau warna lain bergantung pada senyawa pengotornya, kekerasan 7 (skala Mohs), berat jenis 2,65, titik lebur 17150C, bentuk kristal hexagonal, panas sfesifik 0,185, dan konduktivitas panas 12 – 1000C.

Pasir silika adalah salah satu mineral yang umum ditemukan di kerak kontinen bumi. Mineral ini memiliki struktur kristal heksagonal yang terbuat dari silika trigonal terkristalisasi (silikon dioksida,  $\text{SiO}_2$ ), dengan skala kekerasan Mohs 7 dan densitas 2,65 g/cm<sup>3</sup>.

Pasir silika yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Pulau Rupa.



**Gambar 3.12** Silikon Dioksida Atau Silika

*b.* Resin Epoxy

*Epoxy* Resin adalah jenis *prepolymer* reaktif dan *polymer* yang mengandung epoxide. Pada penelitian ini menggunakan resin epoxy (*Bhispenol A-epichlorohydrin*). Banyak aplikasi industri yang memiliki epoxy resin untuk berbagai keperluan. *Epoxy* memiliki sifat mekanik yang lebih tinggi, lebih tahan panas dan kimia. *Epoxy* resin juga disebut *polyepoxides*. *Epoxy* resin memiliki sifat mekanik yang kuat terhadap bahan kimia dan memiliki kekuatan perekat yang tinggi, yang membuatnya sangat berguna untuk berbagai aplikasi.



**Gambar 3.13** Epoxy

**Tabel 3.1** *Properties Epoxy*

Parameter	Value	Unit
Material	Epoxy	
Kerb weight	250	kg
Mass	5	kg
Density	1300	kg/m <sup>3</sup>
Volume	0.011	m <sup>3</sup>
Young 's Modulus	3x10 <sup>9</sup>	Nm <sup>2</sup>
Tensile Strength	24.13x10 <sup>6</sup>	Nm <sup>2</sup>
Load	6278.4	N

### C. Serbuk Grafit

Grafit terbentuk ketika batuan organik kaya karbon menjadi sasaran panas dan tekanan tinggi baik di kerak bumi maupun pada mantel bumi. Pada penelitian ini menggunakan grafit elektroda (Electric Arc Furnace). Grafit dapat terbentuk dari batuan sedimen kaya karbon seperti serpih dan batu gamping yang terpapar panas dan tekanan metamorfosis regional. Ketika terkena panas dan tekanan tinggi, serpih dan batugamping berubah menjadi batuan metamorf dalam bentuk marmer, sekis, dan gneiss yang banyak mengandung kristal kecil dan serpihan grafit. Grafit dapat pula terbentuk dari lapisan batubara yang terkena proses metamorfisme. Panas metamorfisme yang sangat tinggi menghancurkan molekul organik batubara, menguapkan oksigen, hidrogen, nitrogen, dan belerang, dan menyisakan bahan karbon hampir murni yang mengkristal menjadi mineral Grafit.

Dengan kegunaannya yang beragam, Grafit menjadi salah satu jenis mineral bukan logam berharga yang layak untuk dieksplorasi. Karena Grafit terbentuk melalui proses metamorfisma, formasi geologi batuan metamorf dapat dijadikan panduan dalam memilah dan menentukan formasi pembawa mineral Grafit. Indonesia mempunyai beberapa jalur batuan metamorf, terutama di pulau Sumatera, Kalimantan dan Sulawesi. Dengan melihat pada sejarah pembentukan Grafit, beberapa jalur batuan metamorfik di Indonesia kemungkinan besar banyak mengandung mineral Grafit.



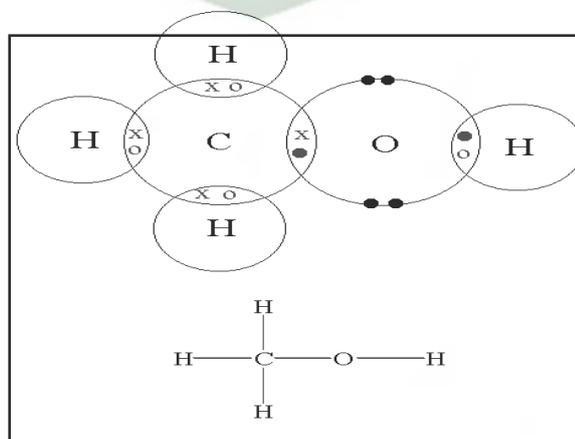
Gambar 3.14 Grafit

Tabel 3.2 Properties Grafit

Sifat Fisik	Satuan SI	Nilai
Densitas	$\text{g/cm}^3$	2,2
Bentuk Allotropik	-	Kristalin
Titik Lebur	$^{\circ}\text{C}$	$3700 \pm 100$
Titik Didih	$^{\circ}\text{C}$	4830
<b>Sifat Thermal</b>		
Konduktivitas Panas	Kal/gram $^{\circ}\text{C}$	0,057
Tahanan Listrik	Ohm	$1,275 \times 10^6$

### 3.4 METANOL

Metanol yang digunakan disini berfungsi sebagai pelarut dan pengencer untuk resin epoksi serta *hardener* bertujuan agar epoksi dapat bercampur baik dengan grafit. Dengan adanya metanol, daya pembasahan epoksi terhadap grafit meningkat dan dapat membasahi seluruh permukaan grafit sehingga ikatan yang terbentuk antara epoksi, grafit, dan serbuk silika menjadi lebih kuat. Struktur dari metanol dapat dilihat pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15 Struktur Metanol

## 2.14 PROSES Pengerjaan ALAT

Pemilihan suatu alat sangat diutamakan agar alat yang digunakan tepat dalam penggunaannya. Pemilihan bahan juga sangat menentukan suatu mesin karena penentuan suatu bahan sangat mempengaruhi umur dan hasil benda yang dibuat. Produk harus dirancang agar harga bahan, ongkos dan yang paling utama adalah menghemat waktu pengerjaan atau waktu produksinya. Karena dalam sekali produksi membutuhkan waktu yang sangat lama. Untuk itu dalam proses alat press pelet pasir silika memerlukan perencanaan yang dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Mendisain komponen-komponen alat press pelet pasir silika
2. Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk membuat alat press pelet pasir silika
3. Memberi ukuran dimensi ukuran pada pelet komposit 25,45 mm.
4. Setelah melakukan proses pengukuran selanjutnya dilakukan proses pemotongan komponen alat press pelet pasir silika sesuai ukuran yang sudah dirancang sebelumnya.
5. Kemudian melakukan pengecekan terhadap komponen yang sudah diukur dan dipotong apakah komponen terjadi kelebihan atau kekurangan dalam pemotongan, jika terjadi kesalahan maka akan diperbaiki, dan jika benar akan dilanjutkan keproses berikutnya.
6. Mengerjakan proses perakitan merupakan proses menyatukan komponen-komponen alat press pelet pasir silika yang sudah dibuat.

### 3.5.1 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.

### 3.5.2 Proses Compression Molding

Proses *compression molding* dilakukan secara bertahap disesuaikan dengan besarnya tekanan yang diberikan. Pada kompaksi ini dilakukan pada tekanan lima (5) ton.

## 3.6 PROSEDUR KERJA

Pada penelitian ini ada beberapa proses diantaranya menentukan volume cetakan, dan proses penimbangan serbuk.

### 3.6.1 Volume Cetakan

Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Volume cetakan

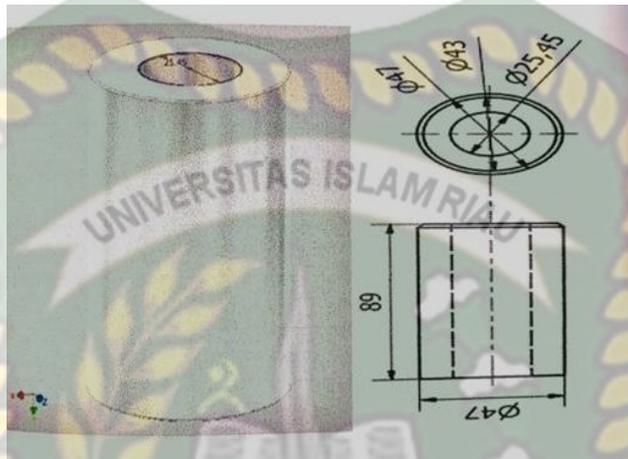
$$\begin{aligned}V_c &= \pi \cdot r^2 \cdot t \\ &= 3,14 \cdot 1,272^2 \text{ cm}^2 \times 1,2 \text{ cm} \\ &= 5,08 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

2. Fraksi volume

- a) Massa =  $V_{\text{cetakan}} \times \text{Pasir Silika}$   
 $= 5,08 \text{ cm}^3 \times 2,65 \text{ gr/cm}^3$   
 $= 13,462 \text{ gram}$

- b) Massa =  $V_{\text{cetakan}} \times \text{Serbuk Grafit}$   
 $= 5,08 \text{ cm}^3 \times 2,16 \text{ gr/cm}^3$   
 $= 10,973 \text{ gram}$

$$\begin{aligned}
 \text{c) Massa} &= V_{\text{cetakan}} \times \text{Resin Epoxy} \\
 &= 5,08 \text{ cm}^3 \times 1,13 \text{ gr/cm}^3 \\
 &= 5,74 \text{ gram}
 \end{aligned}$$



Gambar 3.16 Sketsa Mold Pellet

### 3.6.2 Prosedur Penimbangan

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

- a. Spesimen 1 dengan komposisi (Silika 10%, Grafit 50%, Epoxy 40%)

$$\begin{aligned}
 \text{Silika} &= 10\% \times 13,462 \text{ gr} \\
 &= 1,3642 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Grafit} &= 50\% \times 10,973 \text{ gr} \\
 &= 5,486 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Epoxy} &= 40\% \times 5,74 \text{ gr} \\
 &= 2,296 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

- b. Spesimen 2 dengan komposisi (Silika 10%, Grafit 60%, Epoxy 30%)

$$\begin{aligned}
 \text{Silika} &= 10\% \times 13,462 \text{ gr} \\
 &= 1,3462 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Grafit} &= 60\% \times 10,973 \text{ gr} \\ &= 6,548 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Epoxy} &= 30\% \times 5,74 \text{ gr} \\ &= 1,722 \text{ gr} \end{aligned}$$

c. Spesimen 3 dengan komposisi (Silika 10%, Grafit 70%, Epoxy 20%)

$$\begin{aligned} \text{Silika} &= 10\% \times 13,462 \text{ gr} \\ &= 1,3462 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Grafit} &= 70\% \times 10,973 \text{ gr} \\ &= 7,681 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Epoxy} &= 20\% \times 5,74 \text{ gr} \\ &= 1,148 \text{ gr} \end{aligned}$$

### 3.7 PENGUJIAN ALAT

Dalam pengujian alat ini dilakukan beberapa tahapan diantaranya :

1. Disiapkan serbuk grafit, pasir silika dan resin *epoxy*.
2. Siap tempat atau gelas kimia untuk tempat pencampuran.
3. Siapkan timbangan digital untuk menakar komposisi material pasir silika, serbuk grafit dan resin *epoxy*.

Perbandingan masing-masing sampel adalah seperti tabel 3.3 berikut:

**Tabel 3.3** Perbandingan Komposisi Sampel

Kode Sampel	Komposisi Bahan Pelet Komposit (%)		
	Pasir Silika	Serbuk Grafit	<i>Resin Epoxy</i>
Sampel 1	10	50	40
Sampel 2	10	60	30
Sampel 3	10	70	20

4. Dimasuka bahan yang udah ditimbang ke dalam gelas kimia dan di larutkan besama dengan perekat karbon *epoxy* dan metanol.
5. Siapkan corong buat masukan adonan pelet pasir silika ke cetakan atau *mold*
6. Siapkan alat press dan cetakan pada dudukan nya dan kunci katup pompa hidrolik.
7. Dimasukan adonan pelet pasir silika ke *mold* atau cetakan
8. Proses pengkompaksian pada penelitian ini dilakukan pada tekanan lima (5) ton. Diatas tekanan lima (5) ton berefek spesimen uji tidak bisa dibentuk.
9. Waktu yang dibutuhkan untuk operasional peralatan Compression Molding sebagai alat untuk pembuatan specimen adalah sekitar 1 jam dengan pendinginan kontinyu.
10. Kemudian timbang hasil pelet pasir silika.
11. Pengujian ini dilakukan minimal 6 kali.
12. Setelah diketahui berat hasil pelet pasir silika kemudian dihitung dengan rumus kapasitas produksi.

### 3.8 WAKTU DAN TEMPAT

1. Proses pembuatan alat dilakukan di Laboratorium Material Teknik Mesin Universitas Islam Riau dan dimbing oleh dosen pembimbing.
2. Waktu penelitian direncanakan maksimal 4 bulan. Terhitung dari bulan November 2020 sampai dengan bulan Februari Tahun 2021.

### 3.9 JADWAL KEGIATAN PENELITIAN

Dalam manajemen produksi, kegiatan suatu produksi akan berjalan dengan baik bila ada jadwal kegiatan. Dengan adanya jadwal kegiatan produksi lama waktu proses produksi suatu mesin dapat ditentukan. Selain itu jadwal kegiatan yang teratur bisa menurunkan biaya produksi mesin. Jadwal kegiatan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.4.

**Tabel 3.4** Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan	Bulan Ke-1				Bulan ke-2				Bulan Ke-3				Bulan Ke-4			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi Literatur																
2	Proposal																
3	Revisi																
4	Pengumpulan data																
5	Pengolahan data, analisis dan penyusunan laporan tugas akhir																
6	Seminar hasil tugas akhir																
7	Revisi																

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

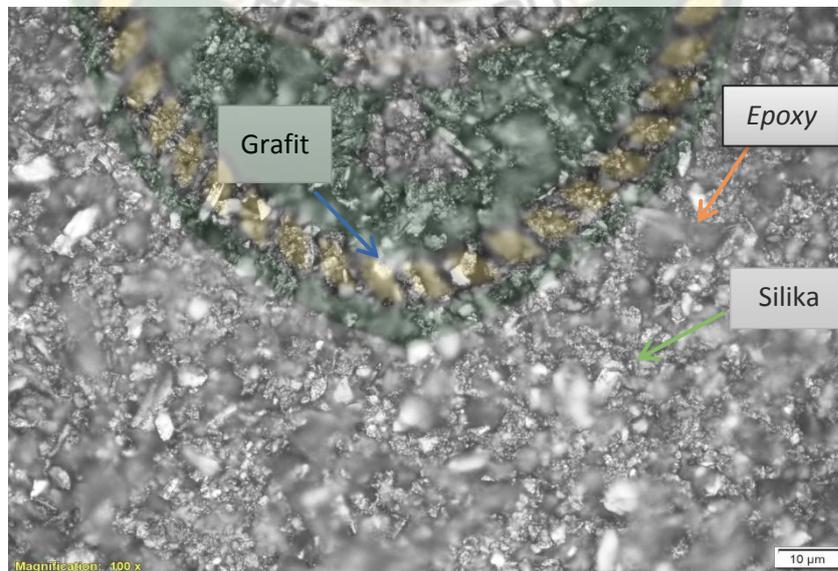
#### 4.1 KARAKTERISASI PELAT BIPOLAR KOMPOSIT

Pada penelitian ini, pembuatan pelat bipolar komposit dengan menggunakan proses *compression moulding*. Karakterisasi pelat bipolar dibutuhkan untuk mengetahui pengaruh dari variabel penambahan karbon grafit yang diharapkan dapat meningkatkan konduktivitas pelat bipolar untuk aplikasi PEMFC. Selain itu juga akan dilihat pengaruhnya terhadap struktur mikro dan kekasaran pelat bipolar terhadap penambahan karbon grafit.

#### 4.2 PENGAMATAN STRUKTUR MIKRO

Uji struktur makro pada spesimen ini bertujuan untuk melihat susunan struktur mikro pada spesimen pelat ini. Spesimen yang akan di uji adalah spesimen hanya menggunakan variasi perbandingan komposisi campuran antara serbuk karbon grafit, pasir silika dan resin *epoxy*.

- a) Topografi sampel dengan 100 x pembesaran



**Gambar 4.1** Perbandingan Silika 10% : Grafit 50% : Epoxy 40%

Dari hasil pengamatan pada gambar 4.1 bahwa bentuk struktur mikro dengan komposisi campuran perbandingan silika 10% : grafit 50% : epoxy 40% terlihat epoxy sebagai pengikat menutupi sebagian grafit yang membuat grafit tampak

lebih sedikit dibandingkan *epoxy*. Hal ini disebabkan karena terjadinya aglomerasi pada partikel-partikel grafit, sedangkan pada komposisi nya *epoxy* lebih sedikit dibanding grafit. Terlihat di gambar bahwa sampel tersebut memiliki kandungan resin yang lebih dominan di banding silika dan grafit yang membuat konduktivitas listrik pada sampel ini rendah. Dari gambar 4.1 menunjukkan bahwa panah biru adalah grafit, panah merah adalah *epoxy* dan panah hijau adalah silika.

b) Gambar topografi permukaan dengan 100 x pembesaran



**Gambar 4.2** Perbandingan Silika 10% : Grafit 60% : Epoxy 30%

Dibandingkan dengan gambar 4.1, Hasil pengamatan pada gambar 4.2 bahwasanya spesimen dengan komposisi campuran silika 10% : grafit 60% : *epoxy* 30% terlihat mulai mengalami keseimbangan campuran dan konduktivitas listrik pada sampel ini mengalami peningkatan yang lumayan tinggi di karenakan campuran Karbon Grafit sudah terlihat pada gambar di atas, dan terlihat bahwa silika dengan campuran yang sedikit tertutupi atau menyatu dengan resin. Keterangan pada panah merah adalah *epoxy*. Keterangan panah biru adalah grafit, dan keterangan gambar panah warna hijau adalah silika.

c) Gambar topografi permukaan dengan 100 x pembesaran



**Gambar 4.3** Perbandingan Silika 10% : Grafit 70% : Epoxy 20%

Hasil pengamatan pada gambar 4.3 Komposisi campuran silika 10% : grafit 70% : epoxy 20% terlihat bahwa karbon grafit sudah mulai tersebar, hal ini disebabkan oleh kandungan karbon grafit yang lebih dominan dibandingkan dengan pengikatnya, dikarenakan pasir silika begitu halus sehingga secara kasat mata pasir silika akan sulit terlihat karena telah menyatu dengan resin, Pada komposisi campuran silika 10% : grafit 70% : silika 20% ini menunjukkan faktor karbon grafit yang besar membuat sampel ini paling tinggi nilainya dalam menghantarkan arus listrik. Dari gambar 4.3 menunjukkan bahwa panah biru adalah grafit, panah merah adalah epoxy dan panah hijau adalah silika.

#### 4.3 PENGUJIAN KONDUKTIVITAS LISTRIK

Pengujian konduktivitas listrik dilakukan untuk melihat kemampuan material komposit dalam menghantarkan arus listrik pada aplikasinya nanti. Nilai konduktivitas menjadi fokus utama dalam pengembangan komponen pelat bipolar. Pelat bipolar dengan konduktivitas tinggi akan mampu mengalirkan arus listrik dengan baik. Pengujian ini digunakan untuk mengukur resistivitas listrik pelat bipolar untuk dikonversi ke dalam nilai konduktivitas listrik. Pada Tabel 4.1

dapat dilihat hasil pengujian resistivitas dari pelat bipolar. 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	10:50:40	0,012	0,4	0,10
2	10:60:30	0,008	0,4	0,33
3	10:70:20	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. Sampel 1

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

$$G = \frac{1}{0,012} = 83,33$$

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

$$\sigma = \frac{1}{3,14 \times 1,272^2} \times 83,33$$

$$\sigma = \frac{1}{5,08} \times 83,33$$

$$\sigma = 16,40 \text{ S/cm}$$

2. Sampel 2

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

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

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

$$\sigma = \frac{1}{3,14 \times 1,272^2} \times 125$$

$$\sigma = \frac{1}{5,08} \times 125$$

$$\sigma = 24,60 \text{ S/cm}$$

3. Sampel 3

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

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

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

$$\sigma = \frac{1}{3,14 \times 1,272^2} \times 250$$

$$\sigma = \frac{1}{5,08} \times 250$$

$$\sigma = 49,21 \text{ S/cm}$$

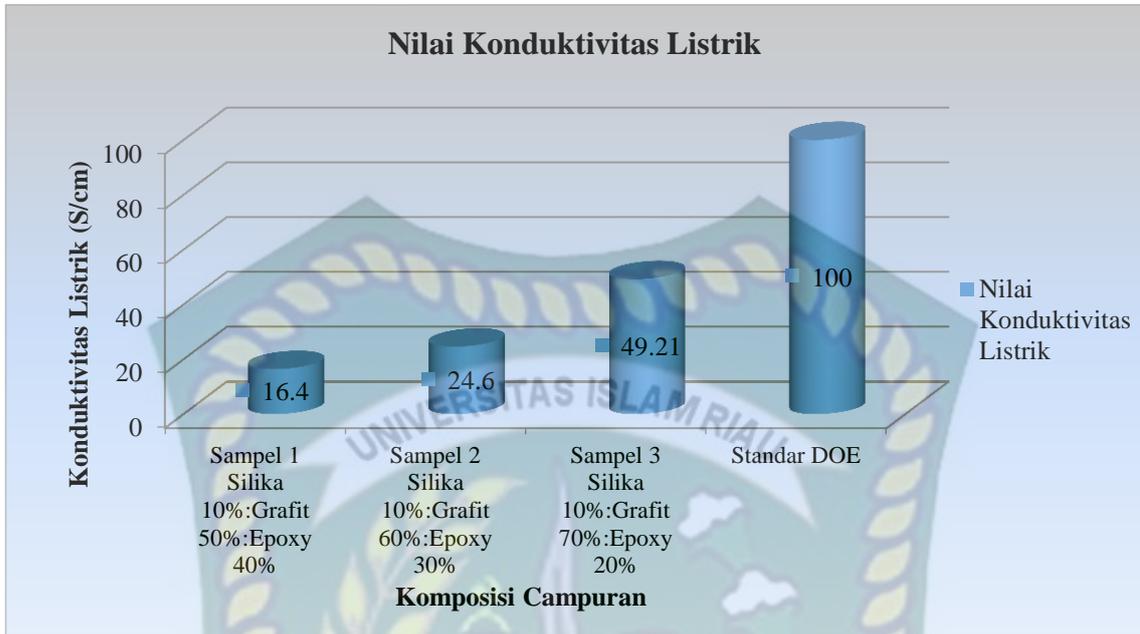
**Tabel 4.2** Nilai Konduktivitas Listrik Dengan Hambatan Dimensi

No	Komposisi Fraksi volume (%)	Konduktansi (G)	Konduktivitas Listrik ( $\sigma$ )
1	10:50:40	83,33	16,40
2	10:60:30	125	24,60
3	10:70:20	250	49,21



**Gambar 4.4** Grafik Konduktansi dan Komposisi Campuran

Dari grafik yang didapatkan terlihat bahwa sampel 3 (Silika 10% : Grafit 70% : Epoxy 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 grafit nya lebih banyak dari pada silika dan epoxy sebagai pengikatnya sehingga mampu meningkatkan nilai konduktivitas dari material komposit tersebut dengan cukup signifikan.



**Gambar 4.5** Grafik Nilai Konduktivitas 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 4.5 dimana hasil pengukuran konduktansi didapatkan setelah dikonversikan menggunakan rumus perhitungan.

Berdasarkan tabel 4.3 nilai konduktivitas listrik maksimum yang diperoleh adalah 49,21 S/cm. Nilai ini masih belum mencukupi dari standar DOE yaitu >100 S/cm. Kecenderungan nilai konduktivitas pada pelat bipolar yang ditambahkan karbon grafit adalah semakin meningkat seperti terlihat pada Gambar 4.8. Penambahan karbon grafit memang meningkatkan nilai konduktivitas pelat bipolar. Dan hasil yang diperoleh lebih baik dari penelitian sebelumnya yaitu 44,88 S/cm.

Struktur mikro dan kekasaran pelat bipolar dapat menjadi parameter nilai konduktivitas listrik. Ketika kekasaran dan struktur mikro semakin baik, maka konduktivitas listrik dari komposit dapat semakin meningkat. Distribusi grafit yang tidak merata dan adanya kekasaran yang tinggi dapat meningkatkan nilai resistansi listrik. Apabila distribusi grafit dapat lebih merata, maka nilai

konduktivitas listrik pelat bipolar dapat semakin tinggi. Selain itu, dengan ukuran mesh yang tinggi akan terjadi peningkatan pengumpulan (aglomerasi) dari campuran yang lebih kecil tersebut, sehingga dimungkinkan akan terjadi ketidakseragaman karakteristik yang dihasilkan dari keseluruhan bagian pelat bipolar yang dihasilkan.

Pada pembuatan polimer komposit berbasis karbon grafit dapat menyebabkan adanya kemungkinan partikel grafit terlapsi oleh lapisan tipis dari resin *epoxy* yang digunakan sehingga menghasilkan nilai konduktivitas listrik yang rendah dari komposit. Pada grafit dengan struktur tersebut tahapan interkalasi dari resin *epoxy* pada struktur grafit dapat terjadi dengan lebih sempurna, sehingga menghasilkan nilai konduktivitas listrik yang lebih tinggi. Hal tersebut dikarenakan grafit akan membentuk fraksi yang besar bagi daerah/jalur konduktivitas listrik. Selain itu, luas permukaan yang dimiliki oleh grafit dengan struktur partikel lebih kecil dibandingkan dengan grafit berstruktur lapisan dan jaringan. Hal tersebut dapat menjadi alasan mengapa nilai konduktivitas listrik yang dihasilkan pada masing-masing sampel masih dibawah target yang ditetapkan untuk pelat bipolar.

Nilai konduktivitas listrik bergantung pada fraksi volume serbuk, dan kandungan minimum dari serbuk grafit, dimana serbuk grafit tersebut membentuk jaringan kerja yang bersambung, yang menentukan komposit grafit menjadi konduktif secara elektrik. Faktor-faktor penentu adalah: konduktivitas dari serbuk, fraksi volume dan karakteristik serbuk, seperti: ukuran, bentuk, luas permukaan, distribusi dan orientasi dari serbuk pengisi. Metode fabrikasi dan kondisi pembuatan komposit memainkan peranan penting dalam konduktivitas karena mempengaruhi penyebaran, orientasi dan jarak antar serbuk di dalam matriks polimer.

Umumnya, pelat bipolar yang terbuat dari komposit grafit dan polimer jenis-jenis pelat dibahas pada bagian dengan komposisi masing-masing secara berurutan minimal 80 wt% dan 20 wt%, akan menghasilkan konduktivitas antara 50 hingga 100 S/cm. Gambar 4.5 memperlihatkan contoh pengaruh penurunan

nilai konduktivitas (hambatan meningkat) seiring meningkatnya konsentrasi resin polimer. Hal ini terjadi karena pada konsentrasi resin yang rendah jumlah partikel-partikel grafit yang saling kontak lebih banyak. Meski demikian, perhitungan hambatan total pada pelat bipolar tidak hanya dipengaruhi oleh komposisi material. Faktor-faktor lain yang juga dapat meningkatkan hambatan pelat mencakup: hambatan yang ditimbulkan oleh pelat yang dipress secara bersama-sama.

#### 4.4 PENGUJIAN KEKASARAN

Pengujian Kekasaran permukaan dilakukan untuk melihat pengaruh material komposit terhadap gas yang lewat ketika di aplikasikan nanti. Dengan cara mengukur kekasaran permukaan pada pelet komposit pada 3 titik sehingga di peroleh nilai rata rata kekasaran permukaan pada pelet komposit.

Hasil pengukuran nilai kekasaran permukaan setelah Surface sebagai berikut :

**Tabel 4.3** Nilai Hasil Uji Kekasaran Permukaan Sampel setelah Dihitung Rata-rata dari Tiga Titik

Sampel	Silika	Grafit	Epoxy	Ra
A	10	50	40	5,37 $\mu\text{m}$
B	10	60	30	7,19 $\mu\text{m}$
C	10	70	20	10,14 $\mu\text{m}$

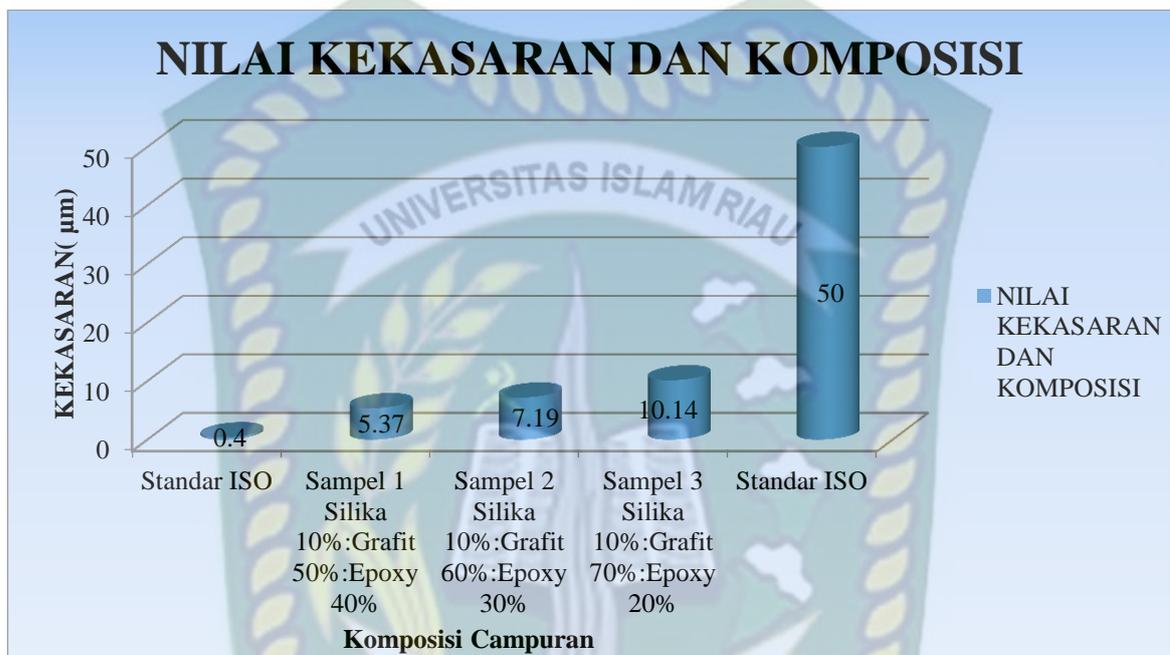
A : Sampel 1 silika 10% : grafit 50% : epoxy 40 %, setelah di hitung rata rata dari tiga titik.

B : Sampel 2 silika 10% : grafit 60% : epoxy 30%, setelah di hitung rata rata dari tiga titik.

C : Sampel 3 silika 10% : grafit 70% : epoxy 20%, setelah di hitung rata rata dari tiga titik.

Berdasarkan data data hasil pengujian kekasaran permukaan setelah di *surface* berkisar 5,37  $\mu\text{m}$  sampai 10,14  $\mu\text{m}$ . Berikut hasil pengujian kekasaran permukaan setelah di *surface*.

Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa sampel 1 dengan silika 10% : grafit 50% : epoxy 40% mempunyai nilai kekasaran yang terendah yaitu 5,37  $\mu\text{m}$ , sedangkan sampel 3 dengan silika 10% : grafit 70% : epoxy 20% mempunyai nilai kekasaran tertinggi yaitu 10,14  $\mu\text{m}$ .



**Gambar 4.6** Grafik Nilai Kekasaran dan Komposisi

Pada grafik di atas menunjukkan bahwa sampel 1 silika 10% : grafit 50% : epoxy 40% mempunyai nilai kekasaran yang terendah yaitu 5,37  $\mu\text{m}$ , sedangkan sampel 3 silika 10% : grafit 70% : epoxy 20% mempunyai nilai kekasaran tertinggi yaitu 10,14  $\mu\text{m}$ .

Pada grafik di atas di peroleh nilai kekasaran permukaan pada masing-masing sampel memenuhi nilai standar kekasaran permukaan yang ingin di capai, dan nilai kekasaran permukaan pada masing-masing sampel dimana nilai standar kekasaran pengerjaan face roughness adalah 0,4  $\mu\text{m}$  sampai 50  $\mu\text{m}$ .

Pada pengujian kekasaran permukaan yang telah di lakukan dapat di peroleh nilai kekasaran permukaan di mana nilai standar kekasaran *face roughness* adalah adalah 0,4  $\mu\text{m}$  sampai 50  $\mu\text{m}$ , Dimana kekasaran permukaan di pengaruhi oleh komposisi grafit, dan secara umum semakin sedikit komposisi grafit maka nilai kekasaran akan semakin kecil dan permukaan akan menjadi halus, begitu pun

sebaliknya semakin banyak komposisi grafit maka akan semakin besar nilai kekasaran yang di peroleh, namun di penelitian ini di pengaruhi oleh perbandingan komposisi grafit, resin *epoxy* dan silika dengan komposisi tetap sebagai matriks, dimana perbandingan persentasi grafit yang lebih banyak dan persentasi *epoxy* lebih sedikit akan mendapatkan nilai kekasaran tinggi karena lebih banyak persentasi grafit dan persentasi *epoxy* sedikit mengakibatkan *epoxy* kurang memberi kerapatan atau kurang lengket seperti pada sampel 3 silika 10% : grafit 70% : *epoxy* 20% yang mendapatkan nilai kekasaran tertinggi, sedangkan yang perbandingan pada sampel 1 silika 10% : grafit 50% : *epoxy* 40% mendapatkan nilai kekasaran terendah.

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa pada peningkatan jumlah karbon grafit sampai dengan 70% menghasilkan kekasaran yang memiliki kecenderungan makin tinggi. Pada penambahan 70% karbon grafit kekasaran yang terjadi paling tinggi yaitu 10,14  $\mu\text{m}$  sedangkan paling rendah pada 50% karbon grafit yaitu 5,37  $\mu\text{m}$ , sedangkan kecenderungan yang terjadi adalah makin tingginya kekasaran yang terdapat pada pelat bipolar seiring bertambahnya karbon grafit.

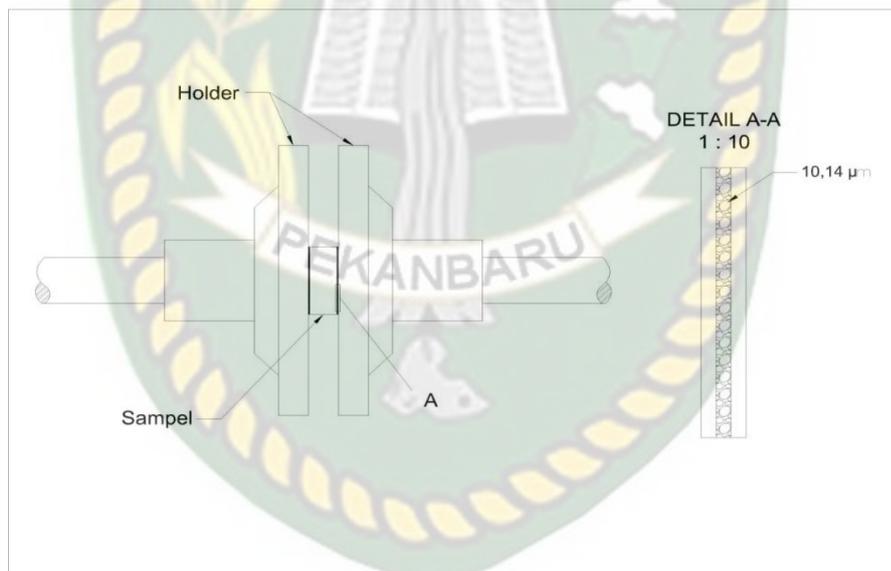
Pelat bipolar harus memiliki persentasi kekasaran yang kecil bertujuan agar tidak mengganggu performa dan kinerja dari pelat bipolar. Nilai kekasaran dari pelat bipolar diharapkan sekecil mungkin sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan performa dari *pelat bipolar*. Tabel 4.2 menunjukkan hasil pengujian kekasaran pada pelat bipolar yang dihasilkan dengan menggunakan variabel penambahan karbon grafit.

Hasil struktur mikro penelitian pembanding pada Gambar 4.3 menunjukkan keberadaan karbon grafit yang meningkat dan *epoxy* yang semakin menurun akan meningkatkan kekasaran pada komposit, sehingga meningkatkan kekasaran permukaan.

Selain itu, pada tekanan yang sangat tinggi, terjadi peristiwa pemadatan yang terlalu tinggi dimana menyebabkan *epoxy* tidak dapat mengisi rongga-rongga yang terbentuk akibat penguapan metanol yang terjadi sehingga daerah yang seharusnya diisi oleh *epoxy* menjadi kosong serta menyebabkan terjadinya kekasaran. Selain itu, struktur silika yang mirip seperti kekasaran dan ukuran silika

juga mempengaruhi nilai kekasaran dimana ukuran partikel silika yang kecil membuat silika sulit terdistribusi merata pada matriks dan cenderung membentuk pengelompokan atau aglomerasi. Hal ini semakin meningkatkan kekasaran karena kerapatan ikatan partikel tidak optimum.

Penurunan tingkat kekasaran secara langsung akan berpengaruh terhadap nilai konduktivitas listrik dari pelat bipolar komposit yang dihasilkan berkaitan dengan berkurangnya jarak antar agregat bahan pengisi untuk menghasilkan penurunan nilai resistivitas pada daerah antar agregat sehingga berkontribusi dalam peningkatan nilai konduktivitas. Hal lain yang terjadi adalah ketersediaan daerah atau jalur konduktivitas elektron (*electron conductivity path*) yang semakin banyak sehingga kondisi ini berpengaruh dalam peningkatan nilai konduktivitas listrik.



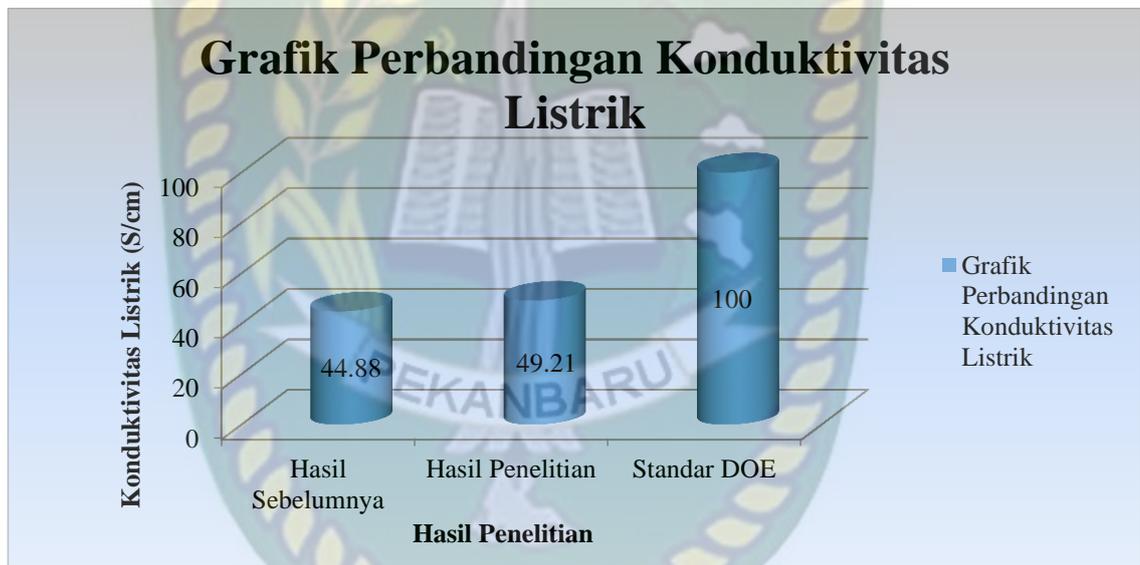
**Gambar 4.8** Gambar Pengaruh Kekasaran Terhadap Konduktivitas Listrik

Karakteristik permukaan dilakukan dalam gambar teknik. Menunjukkan pengaruh dari kekasaran permukaan terhadap konduktivitas listrik yaitu apabila permukaan sampel kekasarannya tinggi maka akan mengakibatkan berkurangnya konduktivitas listrik dikarenakan permukaan sampel tidak seluruhnya menyatu dengan sampel holder.

#### 4.5 PERBANDINGAN ANTARA HASIL PENELITIAN DENGAN HASIL PENELITIAN SEBELUMNYA

**Tabel 4.5** Tabel Perbandingan antara hasil penelitian dan hasil penelitian sebelumnya

Properties	Hasil Penelitian Sebelumnya	Hasil Penelitian		
		10:50:40	10:60:30	10:70:20
Konduktivitas	44,88	16,40	24,60	49,21
Kekasaran	42,85	5,37	7,19	10,14



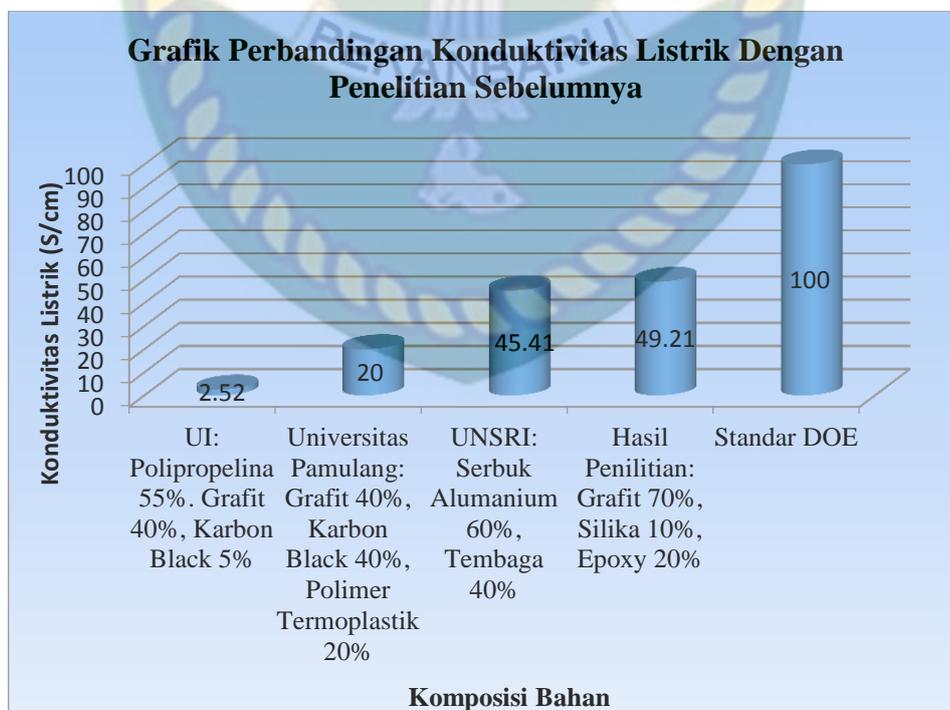
**Gambar 4.9** Grafik Perbandingan Konduktivitas Listrik Hasil Sebelumnya dan Hasil Penelitian

Pada gambar 4.9 dapat dilihat bahwa hasil dari pada penelitian yang dilakukan, nilai konduktivitas listrik pada pelet komposit ini sebesar 49,21 S/cm lebih tinggi sedikit dibandingkan hasil penelitian sebelumnya yakni 44,88 S/cm. Nilai ini masih belum mencukupi dari standar DOE yaitu >100 S/cm.



**Gambar 4.10** Grafik Perbandingan Uji Kekasaran Hasil Penelitian Sebelumnya dan Hasil Penelitian

Pada gambar 4.10 dapat dilihat bahwa hasil dari pada penelitian yang dilakukan nilai kekasaran permukaan pada pelet komposit ini sebesar 10,14  $\mu\text{m}$  lebih rendah dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya yakni 42,85  $\mu\text{m}$ . Dimana nilai standar kekasaran pengerjaan face roughness adalah 0,4  $\mu\text{m}$  sampai 50  $\mu\text{m}$ .



**Gambar 4.11** Grafik Perbandingan Konduktivitas Listrik dengan Penelitian Sebelumnya

Pada gambar 4.11 dapat dilihat bahwa hasil dari pada penelitian yang dilakukan nilai konduktivitas listrik pada pelet komposit ini sebesar 49,21 S/cm lebih baik dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan peneliti dari universitas sriwijaya yakni 45,41 S/cm, serta hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan peneliti dari universitas pamulang yakni 20 S/cm dan jauh lebih baik dari hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan peneliti dari universitas Indonesia yakni 2,52 S/cm. Nilai ini masih belum mencukupi dari standar DOE yaitu >100 S/cm.

#### 4.6 PERBANDINGAN KARAKTERISTIK KOMPOSIT PELAT BIPOLAR DENGAN VARIASI PENAMBAHAN KARBON GRAFIT

Berdasarkan hasil karakterisasi pelat bipolar komposit yang ditinjau dari pengaruh variasi penambahan karbon grafit, maka didapatkan perbandingan sifat akhir seperti terlihat pada Tabel 4.6 berikut ini.

**Tabel 4.6** Perbandingan Karakteristik Pelat dengan Variasi Penambahan Karbon Grafit.

Grafit	Karakteristik Pelat Bipolar	
	Konduktivitas Listrik (S/cm)	Kekasaran Permukaan (Ra)
50%	16,40 S/cm	5,37 $\mu\text{m}$
60%	24,60 S/cm	7,19 $\mu\text{m}$
70%	49,21 S/cm	10,14 $\mu\text{m}$

Hasil karakterisasi tersebut memperlihatkan pengaruh penambahan karbon grafit terhadap sifat pelat bipolar komposit yang dihasilkan. Semakin banyak karbon grafit yang ditambahkan pada pembuatan pelat bipolar dengan metode *compression molding*, maka akan berpengaruh terhadap peningkatan dari nilai konduktivitas listrik dan peningkatan tingkat kekasaran dari pelat bipolar yang dihasilkan. Tabel 4.7 menunjukkan bahwa karakteristik pelat bipolar komposit

terbaik yang dihasilkan pada penelitian ini, yaitu dengan menggunakan penambahan karbon grafit sebesar 70% dimana sampel Pelat bipolar ini memiliki nilai konduktivitas listrik tertinggi jika dibandingkan dengan sampel pelat bipolar yang lain yaitu 49,21 S/cm, dengan nilai standar konduktivitas listrik belum memenuhi target konduktivitas yang diinginkan yaitu 100 S/cm sesuai dengan DOE, dan 50% dimana sampel Pelat bipolar ini memiliki kekasaran yang cukup kecil (kurang dari 11  $\mu\text{m}$ ), dengan nilai standar kekasaran sudah memenuhi nilai standar kekasaran permukaan yang ingin di capai yaitu pengerjaan face roughness adalah 0,4  $\mu\text{m}$  sampai 50  $\mu\text{m}$ .

Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan alat uji konduktivitas listrik, uji kekasaran dan pengamatan struktur mikro 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 silika 10% : grafit 70% : *epoxy* 20% dapat menghantarkan arus listrik yang lebih besar dengan nilai 49,21 S/cm sedikit melebihi nilai konduktivitas listrik sel bahan bakar pada penelitian sebelumnya sebesar 44,88 S/cm.
- 2) Dari hasil pengamatan mikro struktur menggunakan mikroskop optik *olympus* bahwa susunan dari pada partikel grafit, silika dan resin *epoxy* diketahui hampir tidak memiliki jarak yang ditemukan dari ketiga sampel tersebut, dimana pada sampel 3 dengan kandungan grafit yang lebih dominan dan jarak partikel nya yang tidak berjarak dapat menghantar arus listrik yang lebih baik.
- 3) Dari hasil pengujian kekasaran menggunakan alat surface roughness tester didapatkan hasil bahwa sampel 1 dengan kandungan silika 10% : grafit 50% : *epoxy* 40% mendapat nilai kekasaran yang paling rendah. Sehingga dapat berpengaruh terhadap peforma dari pelat bipolar dan baik untuk menghantarkan arus listrik. Pada sampel 3 memiliki nilai kekasaran tertinggi dengan nilai 10,14  $\mu\text{m}$  jauh lebih rendah dibandingkan nilai kekasaran pada penelitian sebelumnya sebesar 42,85  $\mu\text{m}$ .

#### 5.2 SARAN

Adapun beberapa saran dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Agar untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan pengujian permeabilitas gas dengan memvariasikan campuran bahan utama lebih banyak di banding bahan pengikat 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 pasir silika sebagai produk dalam pemenuhan kebutuhan dunia perindustrian.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

## DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- Nayiroh, Nurul.(2013). *Klasifikasi Komposit – Metal Matrix Composite*. Teknologi Material Komposit: Indonesia.
- Wen-Yao Huang, (2020). "Polyaniline Based Pt-Electrocatalyst for a Proton Exchanged Membrane Fuel Cell" (University of Science and Technology, Taiwan).
- Hufron.(2019). Energi Dan Mineral. *Energi Dan Mineral*, 95, 12.
- Sujatno dkk. (2015). Studi Scanning Electron Microscopy(SEM) untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium. *Jurnal Forum Nuklir (JFN)*, 9(November), 44–50.
- Astika dkk. (2010). Pengaruh Jenis Pasir Cetak dengan Zat Pengikat Bentonit Terhadap Sifat Permeabilitas dan Kekuatan Tekan Basah Cetakan Pasir ( Sand Casting ). *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Udayana*, 4(2), 132–138.
- Big. (2009). Pentingnya Informasi Geospasial untuk Menata Laut Indonesia. Diambil dari file:///D:/Proposal Tugas Akhir 2019/Jurnal Dalam Bab Proposal/web/Big \_ Bersama Menata Indonesia Yang Lebih Baik.html.
- Bragmann dan Goncalves (2006) ; Della dkk. (2002). A. silika. *Tinjauan Pustaka*, 1, 6.
- Chaironi dkk. (2014). Pengaruh Variasi Temperatur Kalsinasi Pada Struktur Silika. *Jurnal Sains dan Seni POMITS*, 3(1), 4–7. Diambil dari [http://ejurnal.its.ac.id/index.php/sains\\_seni/article/view/5563](http://ejurnal.its.ac.id/index.php/sains_seni/article/view/5563).
- Fri. (2014). Standard Specification for Stainless Steel Bars and Shapes. In *ASTM* (hal. 1–8). <https://doi.org/10.1520/A0276-10.2>.

Hendronursito dkk. (2018). Analisa Variasi Arus Las Gtaw Menggunakan Filler Er308l Pada Material Stainless Steel ASTM A276 Type 410, 2, 73–80.

IEEE GlobalSpec. (2019). Informasi Peralatan Pemadat Serbuk. Diambil dari [https://www.globalspec.com/learnmore/processing\\_equipment/materials\\_processing\\_equipment/powder\\_compacting\\_equipment](https://www.globalspec.com/learnmore/processing_equipment/materials_processing_equipment/powder_compacting_equipment).

Kawan Lama. (2019). Material Handling And Lifting Equipment. (Kawan Lama, Ed.), hal. 620. Diambil dari [www.kawanlama.com](http://www.kawanlama.com).

Mega. (2015). Plat Besi SS400 Uk. 5 Mm X Dia 150 Mm - Bulat. Diambil dari <https://www.bukalapak.com/p/industrial/industrial-lainnya/oveuph-jual-plat-besi-ss400-uk-5-mm-x-dia-150-mm-bulat>.

micco. (2015). Cara Menghitung Volume Silinder (Tabung).

Rokhye. (2009). *Perancangan Mesin Pembuat Briket Dengan Teknologi Elektro Pneumatik*. Universitas Sebelas Maret. Diambil dari Ketut Rokhye Lumintang@gmail.com.

Zainal dkk. (2018). Pengaruh Pembebanan Tekan Terhadap Kekuatan Material Komposit Diperkuat Pengaruh Pembebanan Tekan Terhadap Kekuatan Material Komposit Diperkuat Serat Ampas Tebu. *ISSN 2356-5438*, 9(July), 5. <https://doi.org/ISSN 2356-5438>.

Agus Pramono<sup>1</sup>, Anne Zulfia<sup>2</sup>. (2012). Konduktifitas Listrik Komposit Polimer Polipropilena/Karbon Untuk Aplikasi Pelat Bipolar Fuel Cell. Jurusan Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Departemen Metalurgi Material Universitas Indonesia. <sup>1</sup>agus.pramono.stmt@gmail.com, <sup>2</sup>anne.zulfia@metal.ui.ac.id

Ara Gradiniar, Rizkyta dan Hosta Ardhyanta (2013). Jurnal Teknik Pomits Vol. 2, No. 1, ISSN: 2337-3539 Pengaruh Penambahan Karbon terhadap Sifat Mekanik dan Konduktivitas Listrik. Komposit Karbon/Epoksi sebagai Pelat Bipolar Polimer Elektrolit Membran Sel Bahan Bakar (*Polymer*

*Exchange Membran (PEMFC)*. Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) e-mail: hostaa@mat-eng.its.ac.id

Nisya Ulmiah dan Fitri Suryani Arsyad (2018). Volume 7 No. 2, Pengaruh Penambahan *Iron Mill Scale* Dan Tembaga Sebagai Material Pelat Bipolar. *Nisya Ulmiah dan Fitri Suryani Arsyad* Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya Palembang, Sumatera Selatan. Email: nisya.ulmiah94@gmail.com, Deni Shidqi Khaerudini Pusat Penelitian Fisika, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15314, Banten, Indonesia.

Dita Rama Insiyanda, Achmad Chaer (2017). Dispersi Dengan Metode Kering Untuk Peningkatan Konduktivitas Komposit Limbah Grafit/Karbon Serat Alam Pada Aplikasi Pelat Bipolar Fuel Cell. Pusat Penelitian Fisika Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Kawasan PUSPITEK ged.440-442, Tangerang Selatan, 15314. Prodi Teknik Kimia Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No.1, Pamulang, Tangerang Selatan, 15310. P-ISSN: 2339-0654E-ISSN:2476-9398.

Email: a)dita.rama.insiyanda@gmail.com, b) airobooster@gmail.com

Galang Wisnu Wardana, Hosta Ardhyanta (2014). Pengaruh Penambahan Grafit Terhadap Sifat Tarik, Stabilitas Termal Dan Konduktivitas Listrik Komposit Vinil Ester/Grafit Sebagai Pelat Bipolar Membran Penukar Proton Sel Bahan Bakar (Pemfc). *Jurnal Teknik*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).