

TUGAS AKHIR

PENGARUH VARIASI KOMPOSISI GRAFIT DAN GRAFENA OKSIDA PADA PELET KONDUKTOR POLIMER KOMPOSIT

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



Disusun Oleh :

BIWO ASHARI
15.331.0024

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

2022

HALAMAN PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

**PENGARUH VARIASI KOMPOSISI GRAFIT DAN GRAFENA OKSIDA
PADA PELET KONDUKTOR POLIMER KOMPOSIT**



Disusun Oleh :

BIWO ASHARI
15.331.0024

Diperiksa dan Disetujui Oleh :

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

Dosen Pembimbing


Tanggal : 08 Agustus 2022

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PENGARUH VARIASI KOMPOSISI GRAFIT DAN GRAFENA OKSIDA
PADA PELET KONDUKTOR POLIMER KOMPOSIT

Disusun Oleh :

BIWO ASHARI
NPM : 153310024

Disetujui Oleh :

PEMBIMBING


Dr. Dedikarni, S.T., M.Sc
NIDN : 1005047603

Disetujui Oleh :

PENGUJI I

PENGUJI II


Dr. Kurnia Hastuti, S.T., M.T
NIDN : 0027075901


Ir. Irwan Anwar, M.T
NIDN : 0027075901

Disahkan Oleh :

KETUA PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN


Jhonni Rahman, B.Eng., M.Eng., PhD
NIDN : 1009038504

PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : BIWO ASHARI

NPM : 15.331.0024

PRODI : TEKNIK MESIN

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa penelitian yang saya lakukan untuk Tugas Akhir dengan judul “Pengaruh Variasi Komposisi Grafit dan Grafena Oksida pada Pelet Konduktor Polimer Komposit” yang diajukan guna melengkapi syarat untuk mendapatkan gelar sarjana Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Islam Riau. Adalah merupakan hasil penelitian dan karya ilmiah saya sendiri dengan bantuan dosen pembimbing dan bukan merupakan tiruan atau dari Tugas Akhir yang telah dipublikasikan dan atau pernah digunakan untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas Islam Riau (UIR) maupun Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali pada bagian yang sumber informasinya telah dicantumkan sebagaimana mestinya.

Pekanbaru, 08 Agustus 2022



BIWO ASHARI
15.331.0024

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Data Personal

Nama Lengkap : Biwo Ashari
NPM : 15.331.0024
Tempat/Tanggal Lahir : Sopan Tanah, 16 Oktober 1995
Jenis Kelamin : Laki-laki
Nama Ayah : Asrul
Nama Ibu : Hayati, S.Pd.I
Alamat : Jl. Rajawali Sakti, RT/01 RW/011 Kel. Tobek
Godang Kec. Tampan, Kota Pekanbaru
Telp/Wa : +62 822 1760 8265
Email : biwoashari@gmail.com
Motto : Dua Musuh Terbesar Kesuksesan Adalah
Penundaan dan Alasan

Pendidikan

Sekolah Dasar : SDN 10 Maek
Sekolah Menengah Pertama : SMPN 2 Bukik Barisan
Sekolah Menengah Atas : SMKN 2 Payakumbuh
Perguruan Tinggi : Universitas Islam Riau

Tugas Akhir

Judul Tugas Akhir : Pengaruh Variasi Komposisi Grafit dan Grafena
Oksida pada Pelet Konduktor Polimer Komposit
Tempat Penelitian : Lab. Material Teknik Mesin Universitas Islam
Riau
Tanggal Sidang : 02 Agustus 2022

HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim.....

Allah memberikan hikmah (ilmu pengetahuan) kepada siapa yang dikehendaknya dan barang siapa yang diberi hikmah (ilmu pengetahuan) sesungguhnya telah diberi kebijakan yang banyak dan tak ada yang dapat mengambil pelajaran kecuali orang-orang yang berakal.

(Q.S Al-Baqarah : 269)

Ya Allah ya Rabb...

Untuk waktu yang telah engkau berikan kepadaku, waktu agar tetap bisa menghirup udara mu ya Rabb, waktu yang tidak semua orang engkau beri kesempatan, aku sangat bersyukur bisa di titik ini, bersyukur bisa menikmati pahit dan manisnya kehidupan yang kadang berubah-ubah yang terkadang sedih, senang, menangis, bahagia dan aku bersyukur.

Tugas Akhir ini aku persembahkan untuk orang-orang yang paling aku sayangi.

Alhamdulillahirobill'alamin,,

Sujud syukur kusembahkan kepada mu ya Allah, atas takdirmu telah Kau jadikan aku manusia yang senantiasa berfikir, berilmu dan bersabar dalam menjalani satu langkah awal bagiku untuk meraih cita-citaku.

Lantunan Al-fatihah beriring Shalawat dalam sholatku berdoa dan dalam syukur yang tiada terkira. Kupersembahkan sebuah karya kecil ini untuk Kedua Orangtuaku untuk Ayah dan Ibu, yang tiada pernah hentinya selama ini memberiku semangat, doa, dorongan, nasehat dan kasih sayang serta pengorbanan yang tak tergantikan hingga aku selalu kuat untuk menjalani setiap rintangan yang ada didepanku.

Untuk tersegalanya Ayah dan Ibu ku tercinta sembah sujud ku kepadamu Ayah dan Ibu orang yang selalu mendo'akan untuk kebaikanku, maafkan anakmu ini yang baru bisa memberikan ini, maafkan juga jika anakmu ini sering mempersulitmu dalam hal apapun, yang sering merepotkanmu dalam hal apapun, terima kasih lantunan do'a-do'a mu yang Allah dengar hingga aku bisa sampai dititik ini, aku bangga punya kedua orang tua yang begitu

menyayangiku sampai aku bisa menyelesaikan pendidikan ku ini yang sebenarnya tidak mudah tapi aku yakin aku bisa karena berkat do'a, dukungan dan usaha kalian ayah ibu trimakasih banyak.

Dalam sholat kuberdoa, Ya Allah terima kasih telah Kau tempatkan aku diantara malaikat mu yang setiap waktu ikhlas untuk menjagaku, mendidiku dan membimbingku dengan baik. Ya Allah berikanlah balasan setimpal Syurga Firdaus untuk kedua Orangtua ku atas lelahnya mereka di dunia ini ya Allah dan jauhkanlah mereka dari panasnya hawa api nerakamu.

Terimakasih buat Abang dan Kakak Iparku tersayang Khalid Ashari dan Sri Anggela Putri, Amero Ashari dan Mahatia Kurnia Sari yang selalu mendukung ku selama ini, yang telah membantu secara materi dan non materi hingga aku bisa melangkah sejauh ini, dan terima kasih juga karena salalu jadi garda terdepan ku disaat aku membutuhkan bantuan.

Untuk Kantin Apung dan Warga Apung terima kasih sudah menjadi tempat nongkrong dan tempat menghilangkan suntuk saat pembuatan tugas akhir ini.

Dan buat Geng Kapak Mesin terima kasih karena telah menjadi pendengar keluh kesah yang setia buat ku, terima kasih telah memberi dukungan dan motivasi, terima kasih telah menjadi sahabat terbaik ku selama ini.

Untuk teman-teman seperjuangan di program studi Teknik Mesin 15 yang tidak mungkin disebutkan satu persatu terima kasih atas bantuan, nasehat, motivasi, dan semangat yang kalian berikan selama aku kuliah sampai sekarang dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Dan yang terakhir terima kasih buat support system ku, Retno Wulan Dari udah jadi orang baik yang selalu ngertiin aku selalu setia dan selalu ada buat aku, Terimakasih udah jadi yang terbaik dari versi kamu ya.

Hanya sebuah karya kecil dan untaian kata-kata ini yang dapat kupersembahkan kepada kalian semua,,, terima kasih beribu terima kasih kuucapkan,,, Atas segala kekhilafan dan kekuranganku, kurendahkan hati serta

diri menjabahkan tangan meminta beribu-ribu kata maaf. Semoga karya kecil ini bermanfaat bagi semua pihak.

Terima kasih buat semuanya.



Salam

Biwo Ashari

PENGARUH VARIASI KOMPOSISI GRAFIT DAN GRAFENA OKSIDA PADA PELET KONDUKTOR POLIMER KOMPOSIT

Biwo Ashari, Dedikarni

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau
Jl. Kaharuddin Nasution No. 113, P. Marpoyan, Pekanbaru Riau
Email : biwoashari@gmail.com

ABSTRAK

Sel bahan bakar merupakan suatu pembangkit energi listrik alternatif dan sebagai solusi pengganti dari pembangkit energi listrik konvensional. Dengan prinsip dasar elektro-kimia, yaitu dengan cara mengkonversikan energi kimia menjadi energi listrik secara langsung. Pelat bipolar merupakan salah satu bagian penting dan paling mahal dari sel bahan bakar *fuel cell*, oleh karena itu pengembangan pelat bipolar yang efisien dan hemat biaya sangat menarik untuk pembuatan suatu rangkaian PEMFC generasi mendatang di masa depan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi dari karbo grafit, grafena oksida dan perekat resin epoxy dengan menggunakan metode cetakan tekan atau penekanan dengan mesin pres hidrolis, dengan tekanan lima ton (5000) Kg. Tujuannya adalah membandingkan nilai konduktivitas listrik, mikro struktur dan kekuatan tekan diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengembangan material energi untuk kedepannya. Dalam penelitian ini pengujian dilakukan meliputi uji konduktivitas listrik, pengamatan struktur mikro dan perhitungan kekuatan tekan dari setiap sampelnya. Pelet konduktor polimer dengan variasi komposisi sampel pertama yaitu Grafit 40%, Grafena Oksida 20%, Resin Epoxy 40%, sampel kedua Grafit 40%, Grafena Oksida 30%, Resin Epoxy 30%, dan sampel ketiga Grafit 40%, Grafena Oksida 40%, Resin Epoxy 20%. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh nilai konduktivitas listrik yang tinggi didapatkan pada sampel ketiga (3) dengan perbandingan komposisi 30:40:30 dengan nilai 65 S/cm dikarenakan kandungan karbon Grafena Oksida lebih dominan dibandingkan Grafit. Pada pengamatan struktur mikro terlihat pada sampel ketiga permukaan yang lebih halus dan penyebaran yang merata. Dan untuk sampel yang memiliki kekuatan tekan yang baik didapatkan pada sampel kedua yaitu 13,7 MPa, namun belum memenuhi standar untuk pelat bipolar. Adapun standar menurut DOE yaitu >25 MPa.

Kata kunci : Fuel Cell, Pelat Bipolar, Grafena Oksida, Grafit, Konduktivitas Listrik, Struktur Mikro.

**EFFECT OF VARIATIONS OF GRAPHITE COMPOSITION
AND GRAPHENE OXIDE ON CONDUCTOR PELLETS
COMPOSITE POLYMER**

Biwo Ashari, Dedikarni

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau
Jl. Kaharuddin Nasution No. 113, P. Marpoyan, Pekanbaru Riau
Email : biwoashari@gmail.com

ABSTRACT

The fuel cell is an alternative electrical energy generator and as a replacement solution for conventional electrical energy generation. With the basic principles of electro-chemistry, namely by converting chemical energy into electrical energy directly. Bipolar plate is one of the important and most expensive parts of a fuel cell fuel cell, therefore the development of an efficient and cost-effective bipolar plate is very attractive for the manufacture of a next generation PEMFC circuit in the future. This research was conducted to determine the effect of compositional variations of carbo graphite, graphene oxide and epoxy resin adhesive by using a press molding method or pressing with a hydraulic press, with a pressure of five tons (5000) Kg. The aim is to compare the values of electrical conductivity, microstructure and compressive strength which is expected to be a reference in the development of energy materials in the future. In this study, the tests carried out include electrical conductivity tests, observations of the microstructure and calculation of the compressive strength of each sample. Polymer conductor pellets with variations in the composition of the first sample, namely 40% Graphite, 20% Graphene Oxide, 40% Epoxy Resin, 40% Graphite Second Sample, 30% Graphene Oxide, 30% Epoxy Resin, and the third sample Graphite 40%, Graphene Oxide 40% , 20% Epoxy Resin. From the results of research that has been carried out, it is obtained that a high electrical conductivity value is obtained in the third sample (3) with a composition ratio of 30:40:30 with a value of 65 S/cm because the carbon content of graphene oxide is more dominant than graphite. In the observation of the microstructure, it can be seen in the third sample that the surface is smoother and has an even distribution. And for samples that have good compressive strength, the second sample is 13.7 MPa, but it does not meet the standards for bipolar plates. The standard according to DOE is >25 MPa.

Keywords: Fuel Cell, Bipolar Plate, Graphene Oxide, Graphite, Electrical Conductivity, Microstructure.

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir ini sesuai kemampuan penulis.

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

Tugas Akhir yang berjudul **“PENGARUH VARIASI KOMPOSISI GRAFIT DAN GRAFENA OKSIDA PADA PELET KONDUKTOR POLIMER KOMPOSIT”** ini bertujuan agar mahasiswa dapat menambah wawasan dan memahami mengenai pengaruh grafit sebagai bahan dasar, grafena oksida sebagai bahan pengisi dan resin epoxy sebagai pengikat yang dapat menghantarkan listrik untuk pengaplikasian pada pelat bipolar.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dalam penyelesaian tugas akhir ini :

1. Bapak Dr. Eng. Muslim, S.T., M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
2. Bapak Jhonni Rahman, B.Eng., M.Eng., PhD. Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Riau.
3. Bapak Rafil Arizona, S.T., M.Eng. Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Riau.
4. Bapak Dr. Dedikarni, S.T., M.Sc. Selaku dosen pembimbing tugas akhir.
5. Ibuk Dr. Kurnia Hastuti, ST., MT. Selaku dosen penguji pertama.
6. Bapak Ir. Irwan Anwar, MT. Selaku dosen penguji kedua.
7. Bapak dan Ibuk Dosen tenaga pengajar Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.

8. Kedua orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan moril dan juga materil yang tidak mungkin terbalaskan.
9. Rekan–rekan mahasiswa yang ikut membantu serta memberikan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari begitu banyak kekurangan dan kelemahan yang terdapat didalam penulisan tugas akhir ini, penulis mengharapkan kritik dan saran agar dapat membantu dalam menyempurnakan penulisan untuk kedepannya. Dan semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat terutama bagi penulis dan bagi yang membacanya. Akhir kata,

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Pekanbaru, 08 Agustus 2022

Biwo Ashari
153310024

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Batasan Masalah	5
1.5. Manfaat Penelitian	5
1.6. Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Sel Bahan Bakar (Fuel Cell)	7
2.2 Komponen Utama Sel Bahan Bakar	8
2.3 Klasifikasi Sel Bahan Bakar (Fuel Cell)	9
2.3.1 Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC)	11
2.3.2 Susunan Rangkaian PEMFC	12
2.4 Pelat Bipolar	14
2.4.1 Klasifikasi Pelat Bipolar	15
2.5 Karbon	17
2.5.1 Alotrop Karbon	18
2.5.2 Grafit	19
2.5.3 Grafena Oksida.....	20
2.6 Polimer.....	22
2.6.1 Jenis-jenis Polimer	23
2.7 Komposit	24
2.8 Resin	25
2.8.1 Resin epoxy	26

2.9	Rumus Perhitungan	27
2.9.1	Pengujian Konduktifitas Listrik	27
2.9.2	Pengujian Kuat Tekan	28
2.9.3	Pengamatan Struktur Mikro	29

BAB III METODELOGI PENELITIAN

3.1	Diagram Alir Penelitian	31
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian	32
3.2.1	Waktu Penelitian	32
3.2.2	Tempat Penelitian	32
3.3	Alat dan Bahan Penelitian	33
3.3.1	Alat penelitian	33
3.3.2	Bahan Penelitian	36
3.4	Prosedur Penelitian	37
3.4.1	Volume Cetakan	37
3.4.2	Proses Penimbangan Serbuk	38
3.4.3	Persiapan Cetakan	39
3.5	Pengujian Pelet Komposit	39
3.5.1	Pengujian Konduktifitas Listrik	39
3.5.2	Pengujian Kuat Tekan	40
3.5.3	Pengamatan Struktur Mikro	40
3.6	Jadwal Kegiatan Penelitian	41

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Uji konduktivitas Listrik	42
4.2	Hasil Pengamatan Struktur Mikro	46
4.3	Hasil Pengujian Kuat Tekan	49
4.4	Perbandingan Hasil Penelitian Dengan Hasil Penelitian Sebelumnya	50
4.5	Hasil Penelitian Pelet Konduktor Polimer Komposit	52

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan	53
5.2	Saran	53

DAFTAR PUSTAKA	55
-----------------------------	----

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Komponen Utama dari Sel Bahan Bakar	8
Gambar 2.2	Prinsip Kerja Dari Jenis <i>Fuel Cell</i>	10
Gambar 2.3	Prinsip Kerja PEMFC	11
Gambar 2.4	Susunan Rangkaian PEMFC.....	12
Gambar 2.5	Pelat Bipolar	14
Gambar 2.6	Bahan Penyusun Pelat Bipolar	15
Gambar 2.7	Karbon	18
Gambar 2.8	Alotrop Karbon	18
Gambar 2.9	Grafrit	19
Gambar 2.10	Struktur Grafrit.....	19
Gambar 2.11	Grafena Oksida	21
Gambar 2.12	Struktur Grafena Oksida	21
Gambar 2.13	Ikatan Polimer	23
Gambar 2.14	Resin	26
Gambar 2.15	Resin <i>epoxy</i>	26
Gambar 2.16	Pengujian Kuat Tekan	28
Gambar 2.17	Pengamatan Struktur Mikro.....	30
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	31
Gambar 3.2	Timbangan Digital	33
Gambar 3.3	Ayakan mesh 200	33
Gambar 3.4	Cetakan Pelet Komposit	34
Gambar 3.5	Alat Uji Konduktivitas Listrik	34
Gambar 3.6	Alat Uji Kuat Tekan	34
Gambar 3.7	Alat Uji Struktur Mikro	35
Gambar 3.8	Jangka Sorong	35
Gambar 3.9	Sarung Tangan	35
Gambar 3.10	Karbon Grafrit	36
Gambar 3.11	Serbuk grafena oksida	36
Gambar 3.12	Resin Epoxy	37

Gambar 4.1	Grafik Konduktansi Terhadap Variasi Komposisi.....	44
Gambar 4.2	Grafik Konduktivitas Listrik Dengan Variasi Komposisi	45
Gambar 4.3	Topografi Permukaan Dengan Perbandingan 40:20:40	46
Gambar 4.4	Topografi Permukaan Dengan Perbandingan 40:30:30	47
Gambar 4.5	Topografi Permukaan Dengan Perbandingan 40:40:20	48
Gambar 4.6	Grafik Pengujian Kuat Tekan	49
Gambar 4.7	Grafik Perbandingan Konduktivitas Listrik dengan Penelitian Sebelumnya	51
Gambar 4.8	Grafik Perbandingan Kuat Tekan Dengan Penelitian Sebelumnya	51
Gambar 4.9	Pelet Konduktor Polimer Komposit Komposisi 40:20:40	52
Gambar 4.10	Pelet Konduktor Polimer Komposit Komposisi 40:30:30	52
Gambar 4.11	Pelet Konduktor Polimer Komposit Komposisi 40:40:20	52

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi <i>Fuel Cell</i>	9
Tabel 2.2	Kelebihan dan Kekurangan Material Pelat Bipolar	16
Tabel 2.3	Target Teknis Department of Energy (DOE)	17
Tabel 2.4	Sifat Grafit	20
Tabel 2.5	Data Grafena Oksida	22
Tabel 2.6	Polimer Alam.....	23
Tabel 2.7	Polimer Sintetis.....	24
Tabel 3.1	Jadwal Kegiatan Penelitian	41
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Konduktivitas Listrik Tanpa Hambatan	42
Tabel 4.2	Nilai Konduktivitas Listrik Dengan Hambatan	44
Tabel 4.3	Hasil Pengujian Kuat Tekan	49
Tabel 4.4	Perbandingan Hasil Penelitian Dengan Hasil Penelitian Sebelumnya	50

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin maju membuat para ilmuwan terus melakukan riset tentang energi terbarukan. Salah satunya adalah sel bahan bakar (*fuel cell*). Sel bahan bakar merupakan suatu pembangkit energi listrik alternatif, dan sebagai solusi pengganti dari pembangkit energi listrik konvensional. Dengan prinsip dasar elektro-kimia, yaitu dengan cara mengkonversikan energi kimia menjadi energi listrik secara langsung.

Fuel cell dikategorikan menjadi enam jenis berdasarkan kombinasi tipe bahan bakar, elektrolit yang digunakan, dan temperatur operasi. Adapun jenis fuel cell yaitu, proton exchange membrane fuel cell (PEMFC), direct methanol fuel cell (DMFC), alkaline fuel cell (AFC), phosphoric acid fuel cell (PAFC), molten carbonate fuel cell (MCFC), dan solid oxide fuel cell (SOFC). Dari ke enam jenis sel bahan bakar ini menggunakan sumber energi yang berbeda, sehingga menghasilkan emisi atau gas buang yang berbeda pula. Dan juga reaksi yang terjadi pada anoda dan katoda dari masing-masing sel tidaklah sama.

Jenis sel bahan bakar yang umum digunakan yaitu PEMFC dikarenakan mudah diaplikasikan seperti pada peralatan elektronik portable, mobil, dan kekuatan stasioner. Hal ini disebabkan karena PEMFC dapat menghasilkan *power densitas* 3.8-6.5 (kW/m³), dan beroperasi dikisaran suhu 50-100°C. Dapat disimpulkan bahwa PEMFC dapat menjadi sumber energi listrik yang menjanjikan dimasa depan untuk aplikasi stasioner dan transportasi. (S. Basu, 2007).

Sumber energi utama dari sel bahan bakar alternatif ini adalah gas hidrogen (H₂) dan oksigen (O₂) dengan hasil pembakaran yang berupa uap air (H₂O), sehingga tidak menimbulkan polusi udara. Gas hidrogen diperoleh dengan proses elektrolisis air, yaitu dengan penguraian senyawa air menjadi oksigen dan gas hidrogen dengan menggunakan arus listrik.

Pada umumnya komponen *fuel cell* terbuat dari material logam, karena sifat logam yang mudah berkarat yang disebabkan oleh uap air menjadikannya tidak

efektif untuk komponen *fuel cell*. Maka material logam perlu diganti dengan cara melakukan rekayasa material dengan penambahan bahan lain, sehingga dapat menjadi sebuah kombinasi dari pelet konduktor polimer komposit yang diharapkan. (Stumpler, 1999).

Grafit merupakan suatu alotrop karbon yang dapat menghantarkan arus listrik dan panas yang baik. Setiap atom karbon pada grafit membentuk ikatan kovalen dengan tiga atom karbon lainnya, dan membentuk susunan hexagonal dengan susunan yang berlapis seperti sarang lebah. Grafit dipilih sebagai pembuatan elektroda pada sel elektrolisis. (Rahmandari dan Ansori 2010).

Grafit memiliki beberapa kelebihan, diantaranya titik leleh yang tinggi yang disebabkan oleh ikatan kovalen yang terbentuk dalam grafit sangat kuat sehingga dibutuhkan energi yang besar untuk memisahkannya. Memiliki sifat yang lunak digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan pensil dengan campuran tanah liat, tidak larut dalam air karena molekul grafit yang sangat besar.

Grafit banyak diaplikasikan seperti anoda pada baterai, dan elektroda pada sel elektrolisis. Namun kelemahan dari grafit adalah kandungan oksigen yang masih banyak, karena adanya rongga atau ruang-ruang kosong antar lapisan (Yen dan Schwickert, 2004).

Grafena oksida memiliki karbonil dan hidroksil sehingga dapat meningkatkan konduktivitas listrik dan memperkecil persentase porositas. Grafena Oksida (GO) merupakan hasil dari oksidasi grafit. Selain memiliki karbonil dan hidroksil ada juga fungsional lain yaitu dapat membentuk jarak antar lapisan semakin luas dan bersifat hidrofilik. Sehingga grafena oksida mudah berinteraksi dengan air dibawah perlakuan ultrasonik (Novoselov, 2004).

Hasil dari penelitian sebelumnya juga menunjukkan grafena oksida yang dimasukan pada alat ultrasonik mengalami pengelupasan lapisan dan membentuk dispersi stabil. Lapisan stabil inilah yang disebut dengan grafena oksida. Untuk menghasilkan suspensi yang stabil dari lembaran karbon dua dimensi, sehingga grafena dengan skala yang besar dapat dihasilkan.

Dengan demikian, oksidasi dari grafit ini sangat baik untuk dijadikan sebagai bahan pengisi untuk pembuatan pelet konduktor polimer komposit. (Stonkovich, 2004).

Metode yang sampai saat ini digunakan untuk pembuatan grafena oksida adalah metode Hummer, dimana pada tahun 1957 dua orang ilmuwan yaitu Hummer dan Offeman mengembangkan proses yang aman, cepat, dan lebih efisien. Dengan menggabungkan campuran asam sulfat (H_2SO_4), natrium nitrat ($NaNO_3$), dan kalium permanganate ($KMnO_4$) (Hireta, 2004).

Hasil dari pembuatan membran sPEEK –PVA untuk sel bahan bakar dengan bahan grafena oksida, menunjukkan bahwa semakin banyak komposisi grafena oksida yang digunakan maka akan meningkatkan nilai kapasitas membran, sehingga dalam menghantarkan ion akan menjadi mudah. Dengan penambahan grafena oksida pada membran sPEEK –PVA untuk aplikasi pada sel bahan bakar metanol merupakan potensi yang sangat baik (Yanwu zhu, 2010).

Sebelumnya, (Afriyal Rovaldi, 2020) telah melakukan penelitian mengenai pengaruh komposisi karbon grafit dan resin damar terhadap konduktivitas listrik, kuat tekan, dan struktur mikro pada pelet konduktor polimer komposit. Dengan metode penekanan pada cetakan (*compression molding*) sebesar 5 Ton. Dan didapatkan hasil dari penelitian tersebut dengan nilai konduktivitas listrik yaitu 23 S/cm, Hasil yang didapatkan masih belum memenuhi standar untuk pembuatan sebuah pelat bipolar. Adapun standar karakteristik dari *Department of Energy* (DOE) USA untuk pelat bipolar yaitu >100 S/cm.

Maka untuk mengatasi permasalahan yang terjadi, komposisi pelet konduktor polimer yang terdiri dari grafit dan grafena oksida bisa menjadi salah satu solusinya. Sifat polimer yang ringan dan tahan terhadap korosi menjadikannya sangat cocok untuk aplikasi ini. Namun kelemahannya adalah polimer yang tidak tahan pada suhu tinggi dan tingkat kekerasan yang rendah dapat terdegradasi dalam lingkungan yang tidak stabil.

Pelet konduktor polimer komposit berbasis karbon dibuat dari kombinasi grafit, grafena oksida, dan resin epoxy. Dengan menggunakan metode konvensional, yaitu dibuat dengan memanfaatkan peralatan cetakan yang terbuat dari logam. Keuntungan menggunakan metode ini adalah biaya yang lebih murah, memiliki fleksibilitas yang tinggi dan lebih mudah dilakukan fabrikasi.

Resin epoxy sangat banyak diaplikasikan untuk berbagai kebutuhan seperti protektor alat listrik, perekat serbuk grafit, dan campuran cat. Dikarenakan sifat

dari resin epoxy yang memiliki daya rekat yang kuat dan tahan terhadap beban kejut, maka resin ini menjadi pilihan utama untuk pembuatan pelet konduktor polimer komposit.

Dari latar belakang diatas maka didapatkan permasalahan yaitu untuk meningkatkan konduktivitas listrik pada pelet konduktor polimer adalah dengan mengkombinasikan komposisi material yaitu grafena oksida, grafit, dan resin epoxy. Dengan mengangkat judul **Pengaruh Variasi Komposisi Grafit Dan Grafena Oksida Pada Pelet Konduktor Polimer Komposit** diharapkan memberikan hasil yang sesuai dengan standar pembuatan pelat bipolar.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang diatas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana membuat pelet konduktor polimer komposit dengan variasi komposisi grafit, grafena oksida, dan pengikat resin epoxy?
2. Bagaimana pengaruh variasi komposisi grafit, grafena oksida, dan resin epoxy terhadap konduktivitas listrik pada pelet konduktor polimer komposit?
3. Bagaimana pengaruh variasi komposisi grafit, grafena oksida, dan pengikat resin epoxy terhadap nilai kuat tekan pada pelet konduktor polimer komposit?
4. Bagaimana pengaruh variasi komposisi grafit, grafena oksida, dan pengikat resin epoxy terhadap mikro struktur pada pelet konduktor polimer komposit?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan dari rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk membuat pelet konduktor polimer dengan variasi komposisi grafit, grafena oksida, dan pengikat resin epoxy.

2. Untuk mengetahui konduktivitas listrik yang ada pada pelet konduktor polimer komposit dengan variasi komposisi grafit, grafena oksida, dan pengikat resin epoxy.
3. Untuk mengetahui nilai kuat tekan pada pelet konduktor polimer komposit dengan variasi komposisi grafit, grafena oksida, dan pengikat resin epoxy.
4. Untuk mengamati struktur mikro pada pelet konduktor polimer komposit dengan variasi komposisi grafit, grafena oksida, dan resin epoxy.

1.4 Batasan masalah

Adapun beberapa batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Material yang digunakan adalah kombinasi dari grafit, grafena oksida, dan resin epoxy.
2. Pembuatan pelet konduktor polimer dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
3. Alat uji yang digunakan adalah uji konduktivitas listrik, uji kuat tekan, dan struktur mikro.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dilakukannya penelitian tentang pengaruh variasi komposisi grafit, grafena oksida, dan resin epoxy pada pelet konduktor polimer komposit ini adalah :

1. Memberikan pengetahuan yang baru tentang sifat mekanis pada karbon grafit, dan untuk meningkatkan konduktivitas listrik dari pelet konduktor polimer komposit dengan variasi komposisi grafit, grafena oksida, dan resin epoxy.
2. Diharapkan memberikan kontribusi dan kemajuan industri tentang energi terbarukan yaitunya sel bahan bakar (*fuel cell*).

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan tugas akhir ini terdiri dari beberapa bab pokok, dan diuraikan pada masing-masing sub bab. Terdiri dari lima bab, yaitu :

BAB I : PENDAHULUAN

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

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan tentang landasan teori yang diperoleh dari studi literatur, memberikan pemahaman umum tentang penelitian yang dilakukan serta rumus yang akan digunakan.

BAB III : METODELOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang diagram alir penelitian, waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan penelitian, serta prosedur pengujian penelitian.

BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi tentang hasil dari penelitian yang telah dilakukan serta pengolahan data dan analisa data yang telah diperoleh dari penelitian.

BAB V : PENUTUP

Bab ini membahas tentang kesimpulan dari penelitian yang telah selesai dilakukan serta saran yang dapat mendukung untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sel Bahan Bakar (*Fuel Cell*)

Sel bahan bakar atau *fuel cell* merupakan suatu perangkat elektro-kimia yang dapat mengubah energi kimia dari bahan bakar hidrogen menjadi energi listrik secara langsung. *Fuel cell* digunakan sebagai pembangkit listrik yang memiliki efisiensi tinggi serta tidak menimbulkan dampak terhadap lingkungan. Pada *fuel cell* tidak terjadi proses pembakaran karena tidak menggunakan energi fosil melainkan menggunakan bahan bakar hidrogen dan oksigen, yang banyak tersedia di alam.

Penggunaan bahan bakar hidrogen dan oksigen pada *fuel cell* akan menghasilkan reaksi oksidasi dan reduksi sehingga yang dihasilkan hanya berupa air (H₂O). Sel bahan bakar (*fuel cell*) memerlukan pengisian ulang sama seperti baterai, akan tetapi memiliki perbedaan mendasar antara sel bahan bakar dengan baterai yaitu sifat kontinuitas dari energi yang diberikan. Pada sel bahan bakar sumber energi yang diberikan secara kontinuitas dari sistem yaitu hidrogen dan oksigen, sedangkan pada baterai bahan energi sudah terpadu jadi satu kesatuan, jika energi pada baterai habis maka perlu diganti atau diisi kembali.

Prinsip kerja pada sel bahan bakar yaitu gas hidrogen yang akan disuplai ke anoda (+) dan gas oksigen akan disuplai ke katoda (-). Hidrogen dipecah menjadi electron (e⁻) dan proton (H⁺), melalui sebuah reaksi kimia.

Adapun reaksi kimia yang terjadi dapat dilihat pada persamaan berikut :



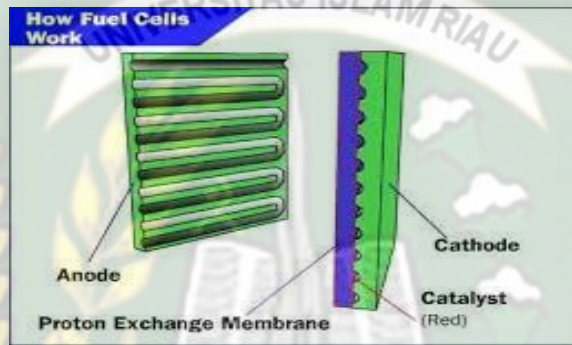
Proton ini selanjutnya akan bergerak menuju katoda dan akan melewati membran, sedangkan untuk hidrogen yang terbentuk akan menghasilkan arus listrik jika dihubungkan dengan penghantar listrik. Sedangkan untuk oksigen pada anoda akan beraksi dengan empat elektron dan ion proton hasil dari reaksi hidrogen pada anoda sehingga akan membentuk air, seperti yang akan dijelaskan pada persamaan reaksi berikut :



Dari prinsip kerja *fuel cell* maka persamaan reaksi elektro-kimia dapat terlihat bahwa *fuel cell* merupakan alat konversi energi yang ramah lingkungan karena emisi yang dihasilkan dari perangkat ini adalah hidrogen peroksida oksigen ($2\text{H}_2\text{O}$).

2.2 Komponen Utama Sel Bahan Bakar

Ada empat komponen dasar penyusun sel bahan bakar (*fuel cell*). Seperti terlihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Komponen Utama dari sel bahan bakar

Sumber : (Faizal, 2014)

1. Anoda (kutub +)

Anoda berfungsi sebagai tempat bertemunya oksigen dengan elektrolit, sehingga anoda menjadi katalisator dalam reaksi reduksi oksigen. Kemudian anoda mengalirkan elektron dari rangkaian dalam ke rangkaian luar sirkuit atau beban. Anoda pada sel elektrolisis berfungsi sebagai kutub positif, sedangkan pada sel volta atau baterai berfungsi sebagai kutub negatif.

2. Katoda (kutub -)

Katoda berfungsi sebagai tempat bertemunya hidrogen dengan elektrolit, sehingga hidrogen menjadi katalisator dalam reaksi oksidasi hidrogen. Kemudian katoda mengalirkan elektron dari rangkaian luar kembali kerangkaian dalam sirkuit atau beban. Dalam hal ini katoda yang akhirnya menghasilkan air dan panas. Katoda pada sel elektrolisis berfungsi sebagai kutub negatif, sedangkan pada sel volta atau baterai berfungsi sebagai kutub positif.

3. Elektrolit

Elektrolit merupakan fluida gas berfungsi untuk mengalirkan ion proton dan elektron yang berasal dari anoda dan katoda, jika proton dan elektron bertemu dengan elektrolit maka akan terjadi konsleting (*short circuit*) pada *fuel cell*. Peranan gas yang berfungsi sebagai pemisah ini biasanya disediakan sekaligus oleh sistem. Gas yang ada biasanya di atur kapasitasnya dengan tekanan yang disesuaikan.

4. Katalis

Katalis berfungsi untuk mempercepat proses reaksi kimiawi (reduksi-oksidasi) pada sel bahan bakar, biasanya digunakan bahan dari platina. Gambar komponen utama dari sel bahan bakar dapat dilihat pada gambar 2.1.

2.3 Klasifikasi Sel Bahan Bakar (*fuel cell*)

Sel bahan bakar (*fuel cell*) dapat dikategorikan menjadi enam jenis, berdasarkan kombinasi tipe bahan bakar, tipe elektrolit yang digunakan, dan temperatur operasi. *Fuel cell* dapat diklasifikasikan dari jenis elektrolit penyusunnya yaitu :

1. *Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC)*
2. *Direct Methanol Fuel Cell (DMFC)*
3. *Alkaline Fuel Cell (AFC)*
4. *Phosphoric Acid Fuel Cell (PAFC)*
5. *Molten Carbonate Fuel Cell (MCFC)*
6. *Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)*

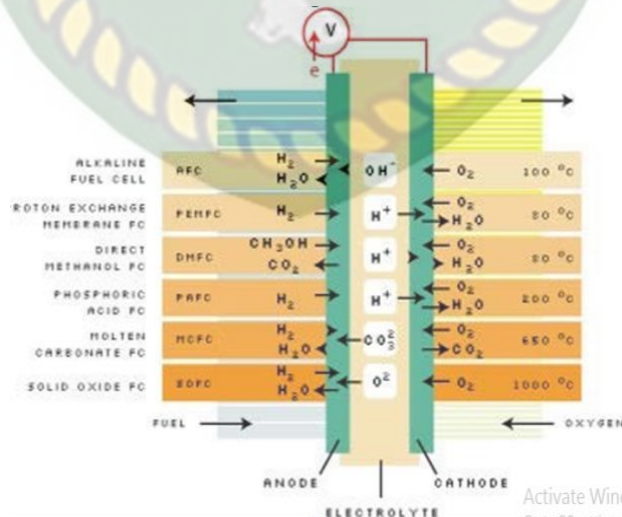
Adapun tabel klasifikasi dari *fuel cell* dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tabel Klasifikasi *Fuel Cell* :

	PEMFC	DMFC	AFC	PAFC	MCFC	SOFC
Primary applications	Automotive and stationary power	Portable power	Space vehicles and drinking water	Stationary power	Stationary power	Vehicle auxiliary power
Electrolyte	Polymer (plastic) membrane	Polymer (plastic) membrane	Concentrated (30–50%) KOH in H ₂ O	Concentrated 100% phosphoric acid	Molten Carbonate retained in a ceramic matrix of LiAlO ₂	Yttrium-stabilized Zirkondioxide
Operating temperature range	50–100°C	0–60°C	50–200°C	150–220°C	600–700°C	700–1000°C
Charge carrier	H ⁺	H ⁺	OH ⁻	H ⁺	CO ₃ ⁼	O ⁼
Prime cell components	Carbon-based	Carbon-based	Carbon-based	Graphite-based	Stainless steel	Ceramic
Catalyst	Platinum	Pt-Pt/Ru	Platinum	Platinum	Nickel	Perovskites
Primary fuel	H ₂	Methanol	H ₂	H ₂	H ₂ , CO, CH ₄	H ₂ , CO
Start-up time	Sec-min	Sec-min		Hours	Hours	Hours
Power density (kW/m ²)	3.8–6.5	~0.6	~1	0.8–1.9	1.5–2.6	0.1–1.5
Combined cycle fuel cell efficiency	50–60%	30–40% (no combined cycle)	50–60%	55%	55–65%	55–65%

Sumber : (S. Basu, 2007)

Dari tabel diatas, dapat dilihat bahwa dari ke enam jenis sel bahan bakar *fuel cell* menggunakan sumber energi yang berbeda, sehingga menghasilkan emisi atau gas buang yang berbeda pula. Dan reaksi yang terjadi pada anoda dan katoda dari masing–masing sel tidaklah sama, menyesuaikan dengan bahan bakar yang digunakan. Gambar prinsip kerja dari *fuel cell* seperti terlihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Prinsip Kerja Dari Jenis *Fuel Cell*

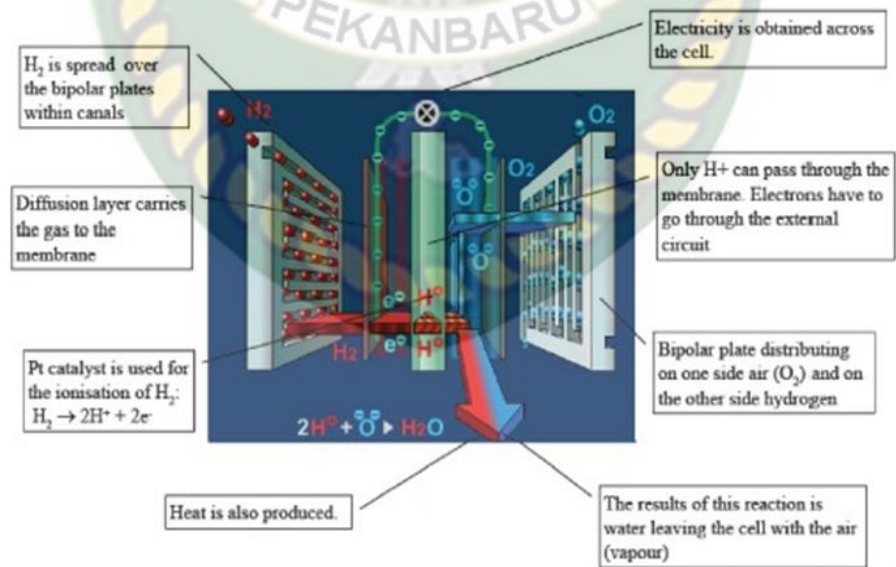
Sumber : (Oky Simbolon, 2011)

Dari enam jenis *fuel cell* yang ada, jenis sel bahan bakar *PEMFC* memiliki aplikasi yang cukup luas, dikarenakan mudah diaplikasikan seperti pada peralatan elektronik *portable*, mobil, dll. Hal ini disebabkan karena *PEMFC* dapat menghasilkan *power densitas* 3.8-6.5 (kW/m³), dan beroperasi dikisaran suhu 50-100°C. Dengan demikian *PEMFC* dapat menjadi sumber energi listrik yang menjanjikan di masa depan untuk aplikasi stasioner dan transportasi.

2.3.1 Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC)

Proton Exchange Membrane Fuel Cell (*PEMFC*) adalah salah satu jenis sel bahan bakar (*fuel cell*) yang menggunakan membran *electrolyte assembly* untuk memisahkan elektrodanya. Untuk pertama kali membran ini ditemukan oleh seorang ilmuwan yang bernama William Grubbs pada tahun 1995. Ia menemukan bahwa tanpa adanya asam yang kuat pada membran maka membran tersebut akan mampu untuk memindahkan kation dan proton ke katoda.

Keunggulan yang dimiliki oleh *PEMFC* ini adalah tingkat efisiensi dan 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. Prinsip kerja *PEMFC* terlihat pada gambar 2.3.

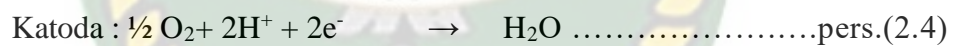
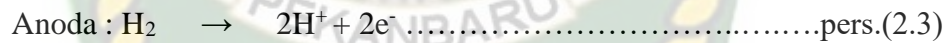


Gambar 2.3 Prinsip Kerja PEMFC

Sumber : (Oky Simbolon, 2011)

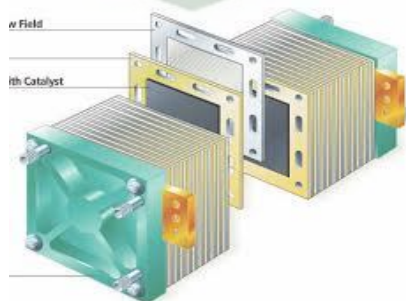
Prinsip kerja dari *Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC)* ini cukup sederhana, yaitu hidrogen dan oksigen akan bereaksi menghasilkan energi listrik searah (DC), dan pada saat yang bersamaan juga membentuk air (H₂O) dan panas sebagai hasil sampingan. Proses bermula dengan masuknya gas hidrogen bertekanan ke dalam sisi katoda dari *fuel cell* yang kemudian dialirkan melalui pelat bipolar dengan memberikan suatu tekanan. Molekul hidrogen akan terpecah menjadi dua proton (H⁺) dan dua elektron (e⁻) setelah bersentuhan dengan logam platina yang berfungsi sebagai katalis.

Dua proton tersebut bergerak menuju katoda dengan menembus membran tipis berpori yang dibantu oleh adanya medan listrik pada membran, sedangkan elektron yang terkonduksi di anoda akan keluar melalui *external wire* karena terhalang oleh membran menuju sisi katoda dari *fuel cell* untuk menghasilkan energi listrik. Gas oksigen akan dialirkan melalui pelat bipolar dan membentuk dua atom oksigen dimana masing-masing atom mempunyai satu pasang elektron dan menarik dua proton melalui membran sehingga akan bereaksi menghasilkan molekul air (H₂O). Adapun reaksi yang terjadi pada *PEMFC* dapat dilihat pada persamaan berikut :



2.3.2 Susunan Rangkaian PEMFC

Terdapat empat komponen utama pada PEMFC. Gambar susunan rangkaian PEMFC seperti terlihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Susunan Rangkaian PEMFC
 Sumber : (Hartanti Halim, 2017)

1. *Membrane Electrolyte Assembly (MEA)*

Membran memisahkan dua setengah persen dari reaksi sel dan melepaskan proton dari anoda ke katoda. Lapisan katalis yang terdispersi pada elektroda memacu setiap setengah reaksi. Bahan yang digunakan sebagai penyusun *MEA* adalah polimer solid terimpregrasi dengan lapisan katalis pada anoda dan katoda. Kertas atau serat karbon berpori untuk *Gas Diffusion Layer (GDL)*. Terdiri dari dua elektroda, yang pertama membran elektrolit, dan yang kedua *GDL*. *GDL* mendistribusikan gas secara merata ke katalis di membran, mengalirkan elektron dari area aktif menuju pelat bipolar dan membantu pengaturan air.

2. Pelat bipolar

Pelat bipolar berfungsi untuk mendistribusikan gas dibagian area aktif membran, kemudian mengalirkan elektron dari anoda menuju katoda, dan membuang air keluar dari sel. Bahan yang umum digunakan adalah logam, dan pelet grafit.

3. Pelat penutup

Pelat penutup berfungsi untuk menyatukan rangkaian pada sel bahan bakar (*fuel cell*). Bahan yang digunakan adalah material dengan kekuatan mekanis yang baik biasanya material baja atau aluminium.

4. Penyimpanan arus

Penyimpanan arus berfungsi sebagai tempat menyimpan dan mentransfer arus listrik dari dalam sirkuit menuju ke luar sirkuit. Bahan yang digunakan biasanya adalah logam dengan konduktivitas yang baik seperti tembaga.

Adapun keunggulan yang dimiliki oleh PEMFC adalah :

- a. PEMFC memiliki elektrolit padat yang memberikan ketahanan yang sangat baik terhadap gas.
- b. Temperature operasi yang rendah memungkinkan waktu *startup* yang cepat.
- c. Sangat cocok digunakan untuk situasi dimana hidrogen murni dapat digunakan sebagai bahan bakar.
- d. Mampu beroperasi pada kondisi tekanan hingga 20,68 MPa, dan memiliki *differensial* tekanan hingga 3,45 MPa.
- e. *Stack* PEMFC mudah disusun sehingga mudah untuk digunakan dalam berbagai aplikasi.

- f. Kapasitas daya listrik yang dihasilkan oleh PEMFC cukup bervariasi mulai dari 0,1-100 kW.

2.4 Pelat Bipolar

Pelat bipolar atau sering disebut dengan pelat separator (*flow field plate*). Pelat bipolar memiliki dua fungsi utama, yang pertama untuk mengalirkan gas reaktan menuju *gas diffusion layer* melalui *flow channel*, yang kedua untuk mengalirkan elektron dari anoda menuju katoda. Pelat ini biasanya dibuat dari bahan grafit, logam (aluminium, *stainless steel*, titanium, dan nikel), atau dapat juga dibuat dari komposit.

Saluran alir gas dicetak pada permukaan pelat sebagai tempat aliran gas-gas yang bereaksi. Pada pelat bipolar konvensional yang berkontribusi adalah 80% volume, 70% berat, dan 60% biaya dari *fuel cell*. Oleh karena itu, diperlukan pelat bipolar yang murah, tipis, dan ringan. Sehingga dapat mengurangi bobot, volume, dan biaya untuk memproduksi *fuel cell*. Pelat bipolar seperti terlihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Pelat Bipolar

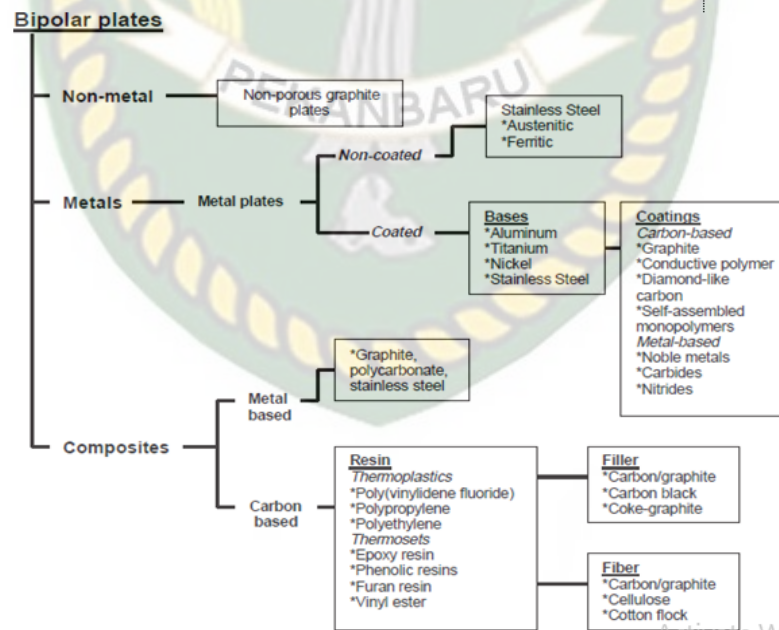
Sumber : (William Sun, 2019)

Untuk membuat sebuah pelat bipolar harus memenuhi standart dari *Department of Energy* (DOE) USA, yaitu :

1. Konduktivitas listrik yang baik (>100S/cm).
2. Konduktivitas termal yang tinggi (>20W/cm).
3. Stabilitas mekanik terhadap gaya tekan.
4. Permeabilitas gas yang rendah.
5. Material yang murah untuk diproduksi masal.
6. Berat yang ringan.
7. Volume yang kecil.
8. Material yang dapat daur ulang.

2.4.1 Klasifikasi Pelat Bipolar

Pelat bipolar terbuat dari bermacam-macam bahan dasar material seperti non- logam, logam maupun komposit baik komposit berbasis karbon, polimer termoset dan polimer plastis. Adapun bahan penyusun dari plat bipolar dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Bahan Penyusun Pelat Bipolar Berdasarkan Materialnya

Sumber : (Herman Dkk, 2005)

Setiap bahan dasar material yang digunakan sebagai penyusun pelat bipolar difungsikan untuk sebuah aplikasi tertentu yang spesifik. Material yang digunakan sebagai bahan dasar pembuatan pelat bipolar memiliki kelebihan dan keterbatasan masing-masing yang menjadi dasar perbedaan pemanfaatannya. Adapun perbedaan dari bahan dasar material yang digunakan pada plat bipolar dapat dijelaskan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Keuntungan dan Kerugian Penggunaan Beberapa Material Sebagai Pelat Bipolar.

Material	Keuntungan	Kerugian
Grafit	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ketahanan terhadap korosi yang sangat baik 2. Resisitivitas yang rendah 3. Resistansi kontak rendah 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sifat mekanik yang buruk (getas) 2. Porositas 3. Volume dan berat besar
Komposit karbon – karbon	<ol style="list-style-type: none"> 1. Densitas rendah 2. Ketahanan terhadap korosi baik 3. Resistansi kontak rendah 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kekuatan mekanik rendah 2. Konduktivitas listrik rendah 3. Harga tinggi
Komposit karbon – polimer	<ol style="list-style-type: none"> 1. Biaya rendah 2. Ketahanan terhadap korosi cukup baik 3. Bobotnya ringan 4. Tidak menggunakan proses permesinan 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kekuatan mekanik rendah 2. Konduktivitas listrik rendah
Logam	<ol style="list-style-type: none"> 1. Konduktivitas listrik baik 2. Konduktivitas panas baik 3. Memiliki sifat mekanik yang baik 4. Proses fabrikasi yang mudah 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Terjadi korosi pada membran yang menghasilkan oksida pada permukaan 2. Biaya produksi cukup mahal

Sumber : (Herman Dkk, 2005)

Pelat bipolar pada PEMFC umumnya dibuat menggunakan bahan 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 dijelaskan pada tabel 2.3.

Tabel 2.3. Target Teknis *Department of Energy* (DOE), USA untuk karakteristik pelat bipolar.

Characteristic [Units]	Status 2005	2010 target	2015 target
Cost [\$kW]	10	5	3
Weight [kg/kW]	0.36	< 0.4	< 0.4
H ₂ permeation [cm ³ sec ⁻¹ cm ⁻²]	< 2.6 x 10 ⁻⁶	< 2.6 x 10 ⁻⁶	< 2.6 x 10 ⁻⁶
Corosion [μA/cm ²]	< 1 ^d	< 1 ^d	< 1 ^d
Electrical Conductivity [S/cm]	> 600	> 100	> 100
Resistivity [Ω.cm ²]	< 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 : (Yuhua Wang, 2005)

2.5 Karbon (*Carbon*)

Pada tabel periodik karbon atau zat arang merupakan suatu unsur kimia golongan IV A yang mempunyai simbol C dengan nomor atom 6, dan sebagai unsur golongan ke 14. Karbon merupakan unsur non-logam dan bervalensi empat. Artinya dalam satu ikatan kovalen terdapat empat elektron valensi.

Para ilmuan banyak meneliti bahan tentang nano-material karena memiliki sifat yang unik, salah satunya adalah karbon. Dengan kelebihanya yaitu dapat mengalirkan arus listrik, memiliki sifat termal yang baik, dan sifat mekanik yang kuat. Karbon adalah salah satu unsur paling stabil dan merupakan unsur yang berlimpah di alam semesta dengan sumber utama yang berasal dari batu bara. Ada

tiga alotrop karbon yang ditemukan secara alami yaitu grafit, berlian, dan karbon amorf. Gambar karbon seperti terlihat pada gambar 2.7.

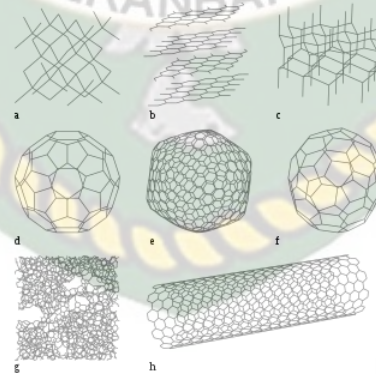


Gambar 2.7 Karbon

Sumber : (Michael Hangga, 2017)

2.5.1 Alotrop Karbon

Alotrop karbon merupakan senyawa yang terbentuk dari atom karbon dengan struktur yang berbeda. Belakangan ini banyak jenis alotrop karbon yang diteliti dan ditemukan. Semua alotrop karbon berbentuk padat dalam kondisi suhu normal. Namun pada suhu dan tekanan yang tinggi akan membentuk jenis alotrop karbon yang baru seperti karbon amorf, *buckminsterfullerene* (berbentuk bola), *graphene* (berbentuk lembaran), *nanotube*, *nanobuds*, dan *nanoribbons*. Gambar alotrop karbon seperti terlihat pada gambar 2.8.



Delapan alotrop karbon:

- a) Berlian, b) Grafit, c) Lonsdeleite, d) Buckminsterfullerene e) Fullerite,
- f) Fulerena, g) Karbon amorf, h) Karbon nanotube.

Gambar 2.8 Alotrop karbon

Sumber : (Andel, 2019)

2.5.2 Grafit

Grafit merupakan salah satu alotrop karbon yang paling umum dan sebagai penghantar listrik yang baik. Karena sifatnya yang unik grafit digunakan sebagai elektroda pada sel elektolisis. Dalam struktur grafit setiap atom karbon membentuk ikatan kovalen dengan tiga atom lainnya, tersusun dengan heksagonal dan berlapis. Karena atom karbon memiliki empat elektron valensi maka setiap atomnya masih terdapat satu electron yang belum berikatan (electron bebas).

Sifat daya hantar listrik yang dimiliki grafit dipengaruhi oleh electron yang tidak digunakan untuk membentuk ikatan kovalen. Electron ini tersebar secara merata pada setiap atom karbon grafit, karena terjadinya tumpang tindih orbital seperti ikatan logam yang membentuk awan atau lautan electron. Oleh karena itu ketika grafit diberi beda potensial maka electron sebagian besar akan terpisah dan mengalir menuju anoda.

Aliran electron inilah yang menyebabkan arus listrik dapat mengalir. Dan apabila salah satu ujung dari grafit dipanaskan maka electron akan segera berpindah menuju bagian grafit yang memiliki suhu yang lebih rendah. Gambar grafit dan gambar struktur grafit seperti terlihat pada gambar 2.9 dan 2.10.



Gambar 2.9 Grafit

Sumber : (Akbar, 2016)



Gambar 2.10 Struktur Grafit

Sumber : (Smallman, 2000)

Grafit memiliki sifat dan kegunaan diantaranya adalah sebagai berikut :

- a. Titik leleh yang sangat tinggi

Disebabkan oleh ikatan kovalen yang terbentuk di dalam grafit sangat kuat, sehingga dibutuhkan energi yang besar untuk memisahkannya.

- b. Memiliki berat jenis yang kecil

Karena pada strukturnya terdapat ruang kosong antara lapisan.

- c. Tidak larut dalam air dan pelarut organik

Karena molekul yang ada dalam grafit sangat besar.

- d. Sebagai konduktor listrik dan panas yang baik

Karena sifat ini grafit digunakan sebagai anoda pada baterai dan elektroda pada sel elektrolis.

- e. Memiliki sifat yang lunak

Terasa berminyak ketika diraba dan sebagai bahan untuk pembuatan pensil setelah di campur dengan tanah liat. Tabel sifat dari grafit seperti terlihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Sifat Grafit

Sifat Fisik	Satuan SI	Nilai
Densitas	g/cm ³	2,23
Bentuk Allotropik	-	Kristalin
Titik Lebur	°C	3.700
Titik Didih	°C	4.830
Sifat Thermal		
Konduktivitas Panas	Kal/gram °C	0,057
Tahanan Listrik	Ohm	1,375 x 10 ⁶

Sumber : (Tomo, 2010)

2.5.3 Grafena Oksida (Graphene Oxide)

Grafena Oksida (GO) adalah salah satu nano-partikel yang cocok untuk meningkatkan hidrofilitas membran. Biasanya disiapkan dengan metode Hummer. Grafena oksida mengandung gugus fungsi sehingga lebih terdispersi dalam larutan polimer. Dengan memasukkan grafena oksida ke dalam membran, sifat yang ditingkatkan untuk teknologi pemurnian air dapat dicapai dengan berbagai metode seperti pelapisan celup dan putar, teknik perakitan lapis demi

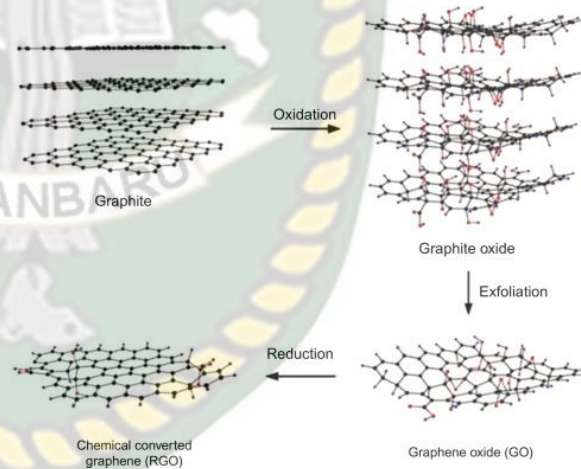
lapis, dan filtrasi vakum. Membran yang tergabung dalam grafena oksida terdiri dari kekuatan mekanik yang tinggi dan stabilitas termal.

Membran yang dilengkapi grafena oksida dapat meningkatkan transportasi air bahkan dalam aplikasi tekanan rendah. Properti paling penting dari *nanosheet* grafena oksida adalah anti *fouling* selama operasi karena muatan negatif dan hidrofilitas yang tinggi. Diyakini bahwa membran yang digabungkan dengan grafena oksida telah meningkatkan ketahanan terhadap pengotoran dengan mengurangi kekasaran permukaan dan meningkatkan hidrofilitas.

Membran yang tergabung dengan grafena menunjukkan permeabilitas air yang tinggi dalam berbagai aplikasi seperti proses NF, RO, FO, dan PRO. Meskipun grafena memiliki banyak manfaat, namun masih mahal dan relatif sulit untuk diproduksi pada kapasitas yang lebih besar. Dengan demikian, pembuatan bahan harus dikembangkan dengan baik untuk mengurangi biaya dan kerumitan pembuatan. Gambar grafena oksida dan struktur dari grafena oksida seperti terlihat pada gambar 2.11 dan 2.12.



Gambar 2.11 Grafena Oksida
 Sumber : (Nre Lab, 2021)



Gambar 2.12 Struktur Grafena Oksida
 Sumber : (Yun C Woo, 2019)

Grafena oksida sebagai bahan pengisi telah menunjukkan peningkatan dramatis seperti sifat seperti modulus elastisitas, kekuatan tarik, konduktivitas listrik, dan stabilitas termal. Selain itu, peningkatan ini terlihat pada pembuatan filler yang rendah karena area antar muka yang besar dan rasio aspek yang tinggi dari material ini. Pada pembebanan 0,7% berat, campuran larutan grafena oksida menunjukkan peningkatan 76% dalam kekuatan tarik dan peningkatan 62% dalam

modulus Young, hasilnya dikaitkan dengan transfer beban yang efektif ke pengisi grafena oksida melalui ikatan hidrogen antar muka. Tabel data grafena oksida seperti terlihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Data Grafena Oksida

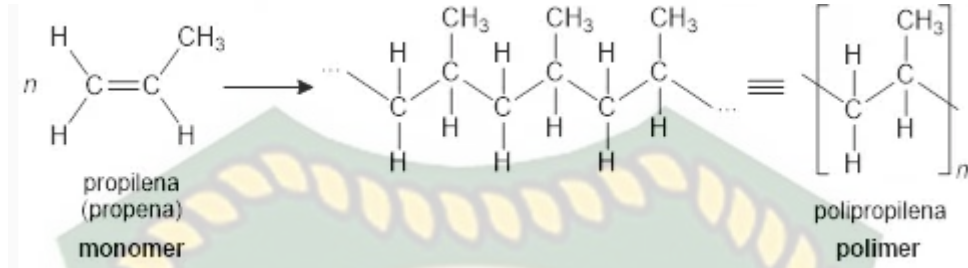
No	Description	Value
1	Purity	99 wt%
2	Grade	Industrial Grade
3	Form	Black Powder
4	Molecular formula	$C_{140}H_{42}O_{20}$
5	Molecular weight	2043,8 g/mol
6	Element Carbon (C)	81,0 wt%
7	Element Oxygen (O)	19,0 wt%
8	Element Sulfur (S)	0,1 wt%
9	Raman (I_D/I_G ratio)	0,97
10	UV-Vis spectrophotometer (peak)	230 nm

Sumber : (Nre lab, 2021)

2.6 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).

Contoh polimer adalah polipropilena (PP) merupakan polimer yang terbentuk dari mono propena. Gambar ikatan polimer polipropilena seperti terlihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 Ikatan Polimer
 Sumber : (Nurul Hidayani, 2021)

2.6.1 Jenis – Jenis Polimer

Polimer dapat dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan sumbernya:

1. Polimer Alam

Polimer alam yaitu polimer yang terdapat dan bisa ditemukan di alam (tersedia secara alami). Tabel polimer alam seperti terlihat pada tabel 2.6.

Tabel 2.6 Polimer Alam

Polimer	Monomer	Sumber
Protein	Asam amino	Wol, sutera, rambut
Selulosa	Glukosa	Kayu, kapas
Asam Nukleat	Nukleotida	RNA, DNA
Karet Alam	Isoprena	Getah pohon karet
Amilum	Glukosa	Sagu, beras, gandum

Sumber : (Nurul Hidayani, 2021)

2. Polimer Semisintetis

Polimer semisintetis yaitu polimer yang didapat dari hasil pencampuran polimer alam dengan bahan kimia.

Contohnya yaitu seperti selulosa asetat yakni hasil turunan dari selulosa yang berasal asetilasi selulosa. Biasa digunakan untuk pembuatan kaca film.

3. Polimer Sintetis

Adalah jenis polimer yang tidak ada di alam, sehingga dihasilkan, dibuat atau diproduksi oleh manusia. Polimer sintetis sangat sering dijumpai di kehidupan sehari-hari. Plastik, botol plastic, pipa paralon, dll. Tabel polimer sintetis seperti terlihat pada tabel 2.7.

Tabel 2.7 Polimer Sintetis

Polimer	Monomer	Sumber
Polietilena	Etena	Bungkus plastik
Polipropilena	Propena	Botol plastik, tali plastik
Polistirena	Stirena	<i>Styrofoam</i>
PVC	Vinil klorida	Pelapis lantai, pipa paralon
PTFE (Teflon)	Tetrafluoroetena	Gasket, panicle anti lengket

Sumber : (Nurul Hidayani, 2021)

2.7 Komposit

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

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

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

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

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

a. Komposit lapis

Komposit lapis merupakan jenis komposit yang terdiri atas dua lapis dan atau lebih yang digabung menjadi satu dimana setiap lapisannya memiliki karakteristik berbeda. Sebagai contoh adalah *Polywood Laminated Glass* yang merupakan komposit yang terdiri dari lapisan serat dan lapisan matriks.

b. Komposit Serpihan

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

c. Komposit serat

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

d. Komposit partikel

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

Berdasarkan dari matrik yang digunakan (Calister, 2001) komposit dapat dibagi menjadi tiga bagian sebagai berikut :

1. CMC : Ceramic Matrix Composit
2. MMC : Metal Matrik Komposit
3. PMC : Polymer Matrik Composit

2.8 Resin

Resin adalah zat kimiawi yang bersifat agak kental, cenderung transparan, tidak larut dalam air, mudah terbakar dan akan mengeras dengan cepat namun ada juga yang lambat. Menurut beberapa sumber, resin sudah dipakai sejak zaman purba kebanyakan digunakan sebagai pelapis pernis atau perekat contohnya adalah getah resin damar, dan resin gumpalan dupa diaplikasikan sebagai bahan pembuatan patung. Seiring perkembangan zaman dan kemungkinan resin organik lebih susah untuk diproduksi, manusia mulai membuat sintetis resin dari bahan-bahan kimia. Gambar resin seperti terlihat pada gambar 2.14.



Gambar 2.14 Resin

Sumber : (Broutman, 2012)

2.8.1 Resin epoxy

Resin epoxy atau dalam istilah lain poly-epoksida yang sama dengan propolimer dan polimer reaktif dengan kandungan gugus epoksida. Ketahanan panas dan kimia dari resin epoxy ini sangat baik, selain itu sifat adhesinya juga kuat. Pengaplikasian resin epoxy biasa untuk perekat, pelapis, baling-baling, lantai, dan pelapisan permukaan.

Dalam penelitian ini resin epoxy dipilih karena memiliki karakteristik dan sifat yang baik untuk pembuatan pelet konduktor polimer. Gambar resin epoxy seperti terlihat pada gambar 2.15.



Gambar 2.15 Resin Epoxy

Sumber : (Apres Midi, 2020)

Selain resin epoxy, resin lain juga diproduksi sesuai jenis dan kegunaanya, seperti resin polyester, resin akrilik, resin silicon, resin polyuretan, polyetilen, resin polystirena, resin polykarbonat, resin poly amida, resin polypropilen, resin vinylester, resin damar (fenolik), dan resin alkyd.

2.9 Rumus Perhitungan

Rumus perhitungan untuk pengujian yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah yang pertama :

2.9.1 Pengujian konduktivitas listrik

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

$$\sigma = \frac{1}{K} \dots\dots\dots \text{pers. (2.16)}$$

Dimana :

σ = Konduktivitas Listrik (S/cm)

K = Resistivitas Listrik (Ω /cm)

Resistivitas listrik berbanding terbalik dengan konduktivitas listrik. Untuk mengukur konduktivitas dan resistivitas listrik digunakan metode *two point probe* dengan alat LCR meter. Metode ini mudah diimplementasikan karena hanya menggunakan dua probe pada pengukurannya. Pada pengukuran resistivitas akan didapatkan resistansi total, namun yang ingin didapatkan adalah resistansi sampel (Schoder, 2006).

Besaran fisis yang terukur pada LCR meter adalah konduktansi (G), kemudian untuk mendapatkan nilai konduktivitas (σ) digunakan hubungan, dengan persamaan sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{L}{A} \times \frac{1}{R} = \frac{L}{A} \times G \dots\dots\dots \text{pers. (2.17)}$$

Dimana :

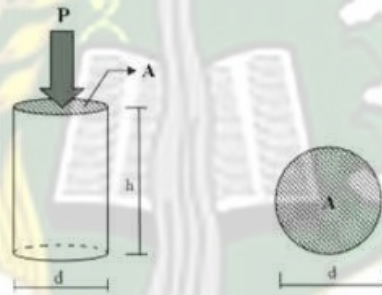
σ = Konduktivitas Listrik (S/cm)

L = Tebal bahan (cm)

- A = Luas alas pelet (cm²)
- R = Resistansi (Ω)
- G = Konduktansi (siemens)

2.9.2 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan merupakan salah satu pengujian sifat mekanik material, baik yang akan digunakan sebagai konstruksi atau komponen yang akan menerima pembebanan. Kuat tekan juga didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (penekanan). Tujuan dari pengujian kuat tekan ini adalah untuk mengetahui modulus elastis suatu material dengan cara memberikan tekanan terhadap permukaan material (spesimen uji). Gambar pengujian kuat tekan seperti terlihat pada gambar 2.16.



Gambar 2.16 Pengujian Kuat Tekan
 Sumber : (Khamid, 2011)

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

Perhitungan yang digunakan :

$$\sigma_c = P/A \dots\dots\dots \text{Pers. (2.18)}$$

Dimana :

- σ_c = Kekuatan Tekan (MPa)
- P = Gaya pembebanan (N)
- A = Luas Area (cm²)
- h = Tinggi Spesimen (cm)
- d = Diameter Spesimen (cm)

2.9.3 Pengamatan Struktur Mikro

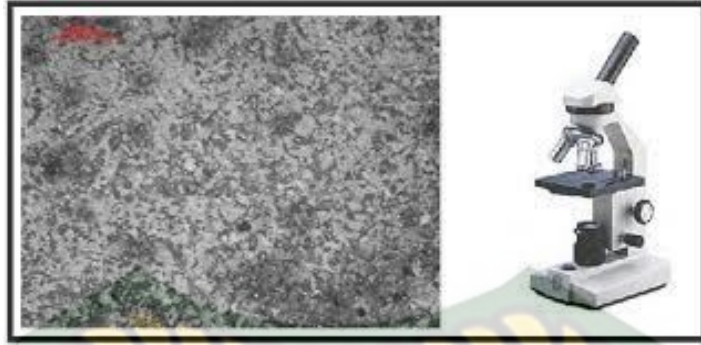
Pengamatan struktur mikro adalah suatu pengujian struktur material melalui pembesaran dengan menggunakan mikroskop khusus atau metalografi. Dapat juga diartikan sebagai hasil dari pengamatan menggunakan *scanning electron microscope* (SEM). Mikroskop optik dapat memperbesar struktur hingga 1500 kali.

Dengan pengamatan struktur mikro, kita dapat mengamati bentuk dan ukuran kristal dari material, kerusakan logam akibat proses deformasi, proses perlakuan panas, dan perbedaan komposisi bahan. Tidak hanya logam, material pelet konduktor polimer juga bisa menggunakan pengujian ini, dengan alasan untuk mengetahui komposisi dari bahan yang digunakan.

Untuk mengamati struktur mikro dari sebuah material, maka harus dilakukan tahapan-tahapan sebagai berikut :

- a. Melakukan pemolesan secara bertahap hingga lebih halus dari 0,5 mikron. Proses ini biasanya dilakukan dengan menggunakan amplas secara bertahap, dimulai dengan grid yang kecil (100) hingga grid yang besar (2000). Dilanjutkan dengan pemolesan dengan mesin poles dibantu dengan larutan pemoles.
- b. Etsa dilakukan setelah memperluas struktur mikro. Etsa adalah membilas atau mencelupkan permukaan material yang akan diamati kedalam sebuah larutan kimia yang dibuat sesuai kandungan paduan materialnya.

Pengetahuan tentang struktur mikro memberikan kemungkinan bagi seorang ahli metalurgi untuk dapat memperkirakan dengan pertimbangan ketepatan sifat-sifat atau perilaku dari material ketika digunakan untuk tujuan tertentu. Didunia industri bahan dan metalurgi, analisis struktur mikro digunakan secara luas untuk spesifikasi bahan, kendali mutu bahan, evaluasi proses dan analisis kerusakan pada material. Gambar pengamatan struktur mikro seperti pada gambar 2.17.



Gambar 2.17 Pengamatan struktur mikro

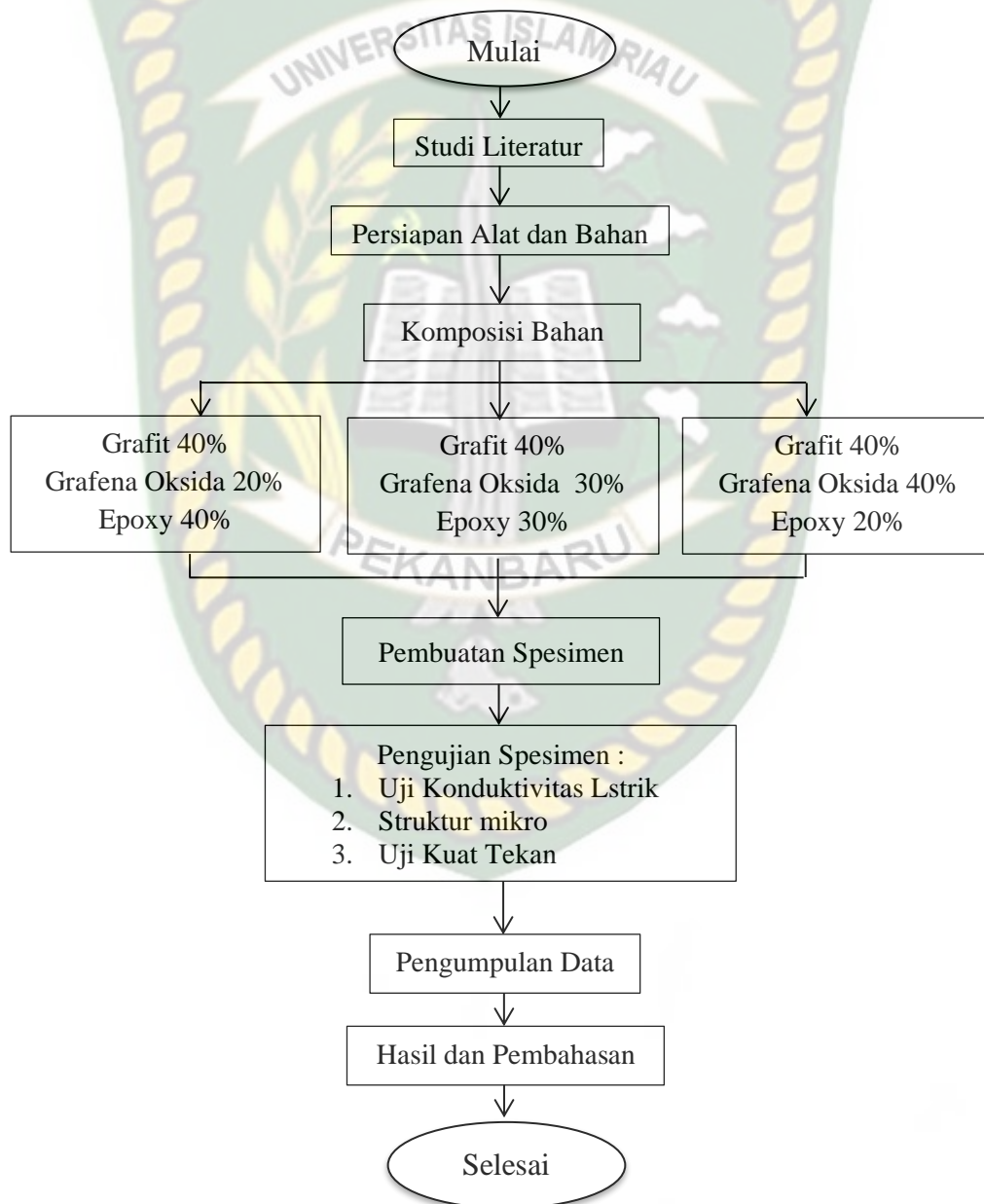
Sumber : (Firmansyah, 2020)



BAB III METODELOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian merupakan langkah-langkah yang dijadikan pedoman untuk melakukan penelitian. Gambar diagram alir seperti terlihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Adapun waktu dan tempat penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

3.2.1 Waktu Penelitian

Dalam penelitian ini waktu yang ditargetkan yaitu mulai dari bulan Oktober 2021 – Selesai.

3.2.2 Tempat Penelitian

Adapun tempat yang digunakan untuk penelitian pembuatan pelet komposit ini adalah :

1. Penimbangan bahan penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Islam Riau.
2. Pembuatan pelet konduktor polimer dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
3. Pengujian Konduktivitas Listrik dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Islam Riau.
4. Pengujian kuat tekan dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Politeknik Kampar.
5. Pengujian Struktur mikro dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Islam Riau.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini meliputi :

3.3.1 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

1) Timbangan digital

Digunakan untuk mengukur berat dalam menentukan komposisi bahan untuk pembuatan pelet konduktor polimer. Dengan kapasitas 1000 gram dan ketelitian 0,01 gram. Gambar timbangan digital seperti terlihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Timbangan Digital

2) Ayakan

Untuk memisahkan serbuk yang halus dan serbuk kasar. Gambar ayakan seperti terlihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Ayakan

3) Cetakan pelet polimer

Sebagai media cetak pelet konduktor polimer. Gambar cetakan pelet konduktor polimer seperti terlihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Cetakan Pelet Polimer

4) Alat uji konduktivitas listrik

Untuk mengetahui nilai konduktivitas listrik pada pelet konduktor polimer. Gambar alat uji konduktivitas listrik seperti terlihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Alat Uji Konduktivitas Listrik

5) Alat uji kuat tekan

Digunakan untuk mengetahui nilai kekuatan material dalam menahan beban dari material pelet konduktor polimer komposit. Pengujian dilakukan di Laboratorium Quality Control Politeknik Kampar. Gambar alat uji kuat tekan seperti terlihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Alat Uji Kuat Tekan

6) Alat uji struktur mikro

Digunakan untuk melihat struktur mikro pada material pelet konduktor polimer komposit. Pengujian dilakukan di Laboratorium Material Teknik Mesin Universitas Islam Riau. Gambar alat uji struktur mikro seperti terlihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Alat Uji Struktur Mikro

7) Jangka Sorong

Digunakan untuk mengukur ketebalan dan diameter pelet konduktor polimer. Gambar mikro meter seperti terlihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Jangka Sorong

8) Sarung Tangan

Sebagai media pelindung tangan dalam proses pembuatan pelet konduktor polimer. Gambar sarung tangan seperti terlihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 Sarung Tangan

3.3.2 Bahan Penelitian

Bahan yang akan digunakan dalam pembuatan pelet komposit ini adalah sebagai berikut :

1. Serbuk karbon Grafit

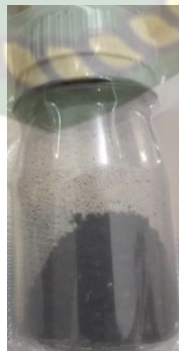
Serbuk karbon grafit digunakan sebagai bahan dasar penelitian, bahan ini didapatkan dengan sistem pembelian online di toko Kimipedia Surabaya menggunakan aplikasi Tokopedia. Gambar serbuk karbon grafit seperti terlihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 Serbuk Karbon Grafit

2. Serbuk Grafena Oksida

Serbuk grafena oksida digunakan sebagai bahan isian pada pembuatan pelet komposit, bahan ini didapatkan dengan sistem pembelian online di toko Nre Medan menggunakan aplikasi Tokopedia. Gambar serbuk grafena oksida seperti terlihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 Serbuk Grafena Oksida

3. Resin epoxy

Resin epoxy digunakan sebagai bahan pengikat dalam pembuatan pelet konduktor polimer komposit, bahan ini didapatkan dengan sistem pembelian online di toko Kimipedia Surabaya menggunakan aplikasi Tokopedia. Gambar resin epoxy seperti terlihat pada gambar 3.12.



Gambar 3.12 Resin Epoxy

3.4 Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini ada beberapa tahapan atau langkah-langkah proses diantaranya, menentukan volume cetakan, penimbangan serbuk, dan persiapan cetakan. Gambar untuk ukuran cetakan seperti pada gambar 3.13.

3.4.1 Volume Cetakan

a. Volume Cetakan

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

Dimana :

$$\pi = 3,14$$

$$r^2 = 1.27^2 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$t = 1.0 \text{ (cm)}$$

Sehingga :

$$V_c = 3,14 \times 1.27^2 \text{ (cm}^2\text{)} \times 1.0 \text{ (cm)}$$

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

b. Fraksi Volume

- Berat **grafit** tanpa grafena oksida dan epoxy

$$\begin{aligned} \text{Massa} &= V_{\text{cetakan}} \times \text{grafit} \\ &= 5,08 \text{ cm}^3 \times 2,23 \text{ g/cm}^3 \\ &= \mathbf{11,3 \text{ gram}} \end{aligned}$$

- Berat **grafena oksida** tanpa grafit dan epoxy

$$\begin{aligned} \text{Massa} &= V_{\text{cetakan}} \times \text{grafena oksida} \\ &= 5,08 \text{ cm}^3 \times 2,04 \text{ g/cm}^3 \\ &= \mathbf{10,3 \text{ gram}} \end{aligned}$$

- Berat **resin epoxy** tanpa grafena oksida dan grafit

$$\begin{aligned} \text{Massa} &= V_{\text{cetakan}} \times \text{resin epoxy} \\ &= 5,08 \text{ cm}^3 \times 1,13 \text{ g/cm}^3 \\ &= \mathbf{5,7 \text{ gram}} \end{aligned}$$

3.4.2 Proses Penimbangan Serbuk

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

- a) Spesimen 1 dengan komposisi grafit, grafena oksida dan resin epoxy

(40:20:40) %

$$\begin{aligned} \text{Grafit} &= 40\% \times 11,3 \text{ gram} \\ &= \mathbf{4,52 \text{ gram}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Grafena oksida} &= 20\% \times 10,3 \text{ gram} \\ &= \mathbf{2,06 \text{ gram}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Resin epoxy} &= 40\% \times 5,7 \text{ gram} \\ &= \mathbf{2,28 \text{ gram}} \end{aligned}$$

- b) Spesimen 2 dengan komposisi grafit, grafena oksida dan resin epoxy

(40:30:30) %

$$\begin{aligned} \text{Grafit} &= 40\% \times 11,3 \text{ gram} \\ &= \mathbf{4,52 \text{ gram}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Grafena oksida} &= 30\% \times 10,3 \text{ gram} \\ &= \mathbf{3,09 \text{ gram}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Resin epoxy} &= 30\% \times 14,69 \text{ gram} \\ &= \mathbf{1,71 \text{ gram}}\end{aligned}$$

c) Spesimen 3 dengan komposisi grafit, grafena oksida dan resin epoxy (40:40:20) %

$$\begin{aligned}\text{Grafit} &= 40\% \times 11,3 \text{ gram} \\ &= \mathbf{4,52 \text{ gram}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Grafena oksida} &= 40\% \times 10,3 \text{ gram} \\ &= \mathbf{4,12 \text{ gram}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Resin epoxy} &= 20\% \times 14,69 \text{ gram} \\ &= \mathbf{2,9 \text{ gram}}\end{aligned}$$

3.4.3 Persiapan Cetakan

Adapun tahapan persiapan cetakan sebelum melakukan penekanan dengan mesin press hidrolik, yaitu :

1. Membersihkan cetakan, agar serbuk yang akan dikompaksi tidak terkontaminasi dengan serbuk dari sampel lain yang tersisa.
2. Pelapisan rongga cetakan dengan bahan pelumas, agar proses penekanan dapat dilakukan dengan mudah dan tidak terjadi lengket pada cetakan.

3.5 Pengujian Pelet Komposit

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

3.5.1 Pengujian Konduktivitas Listrik

Untuk mengetahui nilai konduktivitas listrik sampel dilakukan pengukuran konduktivitas listrik dengan metode *two point probe* dengan alat LCR. Langkah-langkah pengukuran adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan specimen uji dengan komposisi berbeda.
2. Menyiapkan alat uji konduktivitas listrik dengan program LCR.
3. Memasang spesimen uji yang akan diukur konduktivitas listrik.

4. Memasang kabel dari perangkat LCR tester yang terhubung langsung pada computer dengan dua elektroda di kedua sisi sampel holder.
5. Merunning program LCR pada frekuensi listrik yang diinginkan.
6. Mengambil data berupa nilai konduktivitas listrik dan grafik hubungan antara frekuensi listrik dan konduktivitas listrik.
7. Lakukan langkah tersebut pada spesimen berikutnya.

3.5.2 Pengujian Kuat Tekan

Untuk mengetahui nilai kuat tekan pada pelet konduktor polimer komposit dilakukan pengujian dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menyiapkan spesimen uji dengan variasi komposisi berbeda.
2. Mempersiapkan peralatan yang dibutuhkan.
3. Pasang spesimen pada ragum di mesin uji kuat tekan, agar spesimen uji tidak terlepas pada saat proses penekanan.
4. Hidupkan mesin uji kuat tekan untuk memastikan mesin dalam keadaan aman.
5. Turunkan ujung penekan mesin uji tekan sampai menyentuh spesimen untuk kalibrasi jarum menuju titik 0.
6. Kemudian mulailah putar *handle* pada mesin hingga jarumnya bergerak.
7. Amati jarum pada *dial indicator*.
8. Selanjutnya mengambil data berupa nilai kelenturan pada spesimen.
9. Lakukan langkah tersebut pada spesimen berikutnya.

3.5.3 Pengujian Struktur Mikro

Untuk mengetahui dan melihat fasa yang ada pada pelet komposit dengan komposisi beragam maka dilakukan pengujian struktur mikro. Tahapan pengujian sebagai berikut :

1. Menyiapkan spesimen uji dengan variasi komposisi berbeda.
2. Menyiapkan alat uji struktur mikro yang akan digunakan.
3. Menghaluskan dan membersihkan bagian luar spesimen uji dengan menggunakan amplas.

4. Kemudian bersihkan dengan kain lap, agar debu dan kotoran tidak lagi menempel.
5. Mengambil data berupa gambar dari hasil pengamatan struktur mikro dengan pembesaran 20x.
6. Lakukan langkah tersebut pada spesimen berikutnya.

3.6 Jadwal Kegiatan Penelitian

Jadwal kegiatan pada penelitian pengaruh variasi komposisi grafit, grafena oksida, dan resin epoxy pada pellet konduktif polimer komposit dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan	Juli 2021	Agust	Sept	Oktober	November	Desember	Januari 2022	Februari	Agust
1	Pembuatan proposal									
2	Studi Literatur									
3	Persiapan Alat dan Bahan									
4	Seminar Proposal									
5	Pembuatan Spesimen									
6	Pengujian Spesimen									
7	Hasil dan Pembahasan									
8	Sidang Tugas Akhir									

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji Konduktivitas Listrik

Pengujian konduktivitas listrik bertujuan untuk mengetahui kemampuan material pelet konduktor polimer komposit dalam menghantarkan arus listrik. Dari pengujian yang telah dilakukan maka didapatkan hasil dari ketiga variasi komposisi bahan yang berbeda sebagai berikut :

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Konduktivitas Listrik Tanpa Hambatan
Dimensi

No	Variasi Komposisi Fraksi (%)	Resistivitas (Ω)	Volt (V)	Ampere (A)
1	40 : 20 : 40	0.005	4.0	0.60
2	40 : 30 : 30	0.004	4.0	0.63
3	40 : 40 : 20	0.003	4.0	0.64

Tabel diatas merupakan hasil pengujian menggunakan alat konduktivitas listrik, dimana nilai yang didapatkan adalah nilai resistivitas, voltage, dan ampere. Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai hambatan dimensi dan konduktivitas listrik sebagai berikut :

1. Spesimen 1

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

$$= \frac{1}{0,005 \Omega} = 200 \text{ S}$$

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

$$= \frac{1 \text{ cm}}{3,14 \times 1,27^2} \times 200 \text{ S}$$

$$= \frac{1 \text{ cm}}{5,06} \times 200 \text{ S} = 39,5 \text{ S/cm}$$

2. Spesimen 2

$$\begin{aligned} G &= \frac{1}{R} \\ &= \frac{1}{0,004 \Omega} = 250 \text{ S} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{L}{A} \times G \\ &= \frac{1}{3,14 \times 1,27^2} \times 250 \text{ S} \\ &= \frac{1}{5,06 \text{ cm}^2} \times 250 \text{ S} = 49,4 \text{ S/cm} \end{aligned}$$

3. Spesimen 3

$$\begin{aligned} G &= \frac{1}{R} \\ &= \frac{1}{0,003 \Omega} = 333 \text{ S} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{L}{A} \times G \\ &= \frac{1}{3,14 \times 1,72^2} \times 333 \text{ S} \\ &= \frac{1}{5,06 \text{ cm}^2} \times 333 \text{ S} = 65 \text{ S/cm} \end{aligned}$$

Dimana :

G = Konduktansi (Siemens)

R = Resistivitas (ohm)

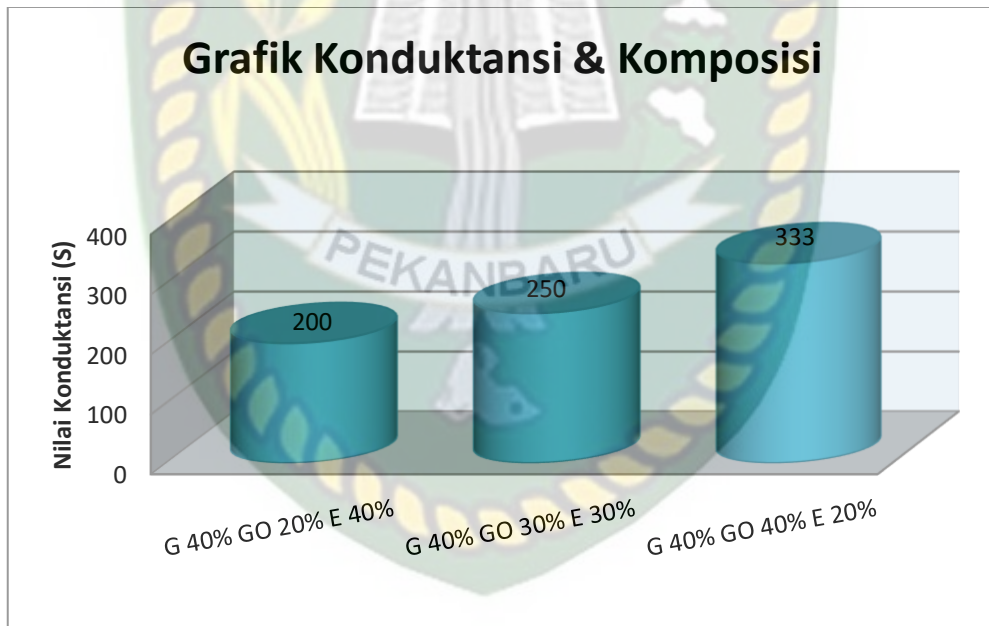
σ = Konduktivitas Listrik (S/cm)

L = Tinggi Pelet Komposit (cm)

A = Luas Area Pelet (cm²)

Tabel 4.2 Nilai Konduktivitas Listrik Dengan Hambatan Dimensi

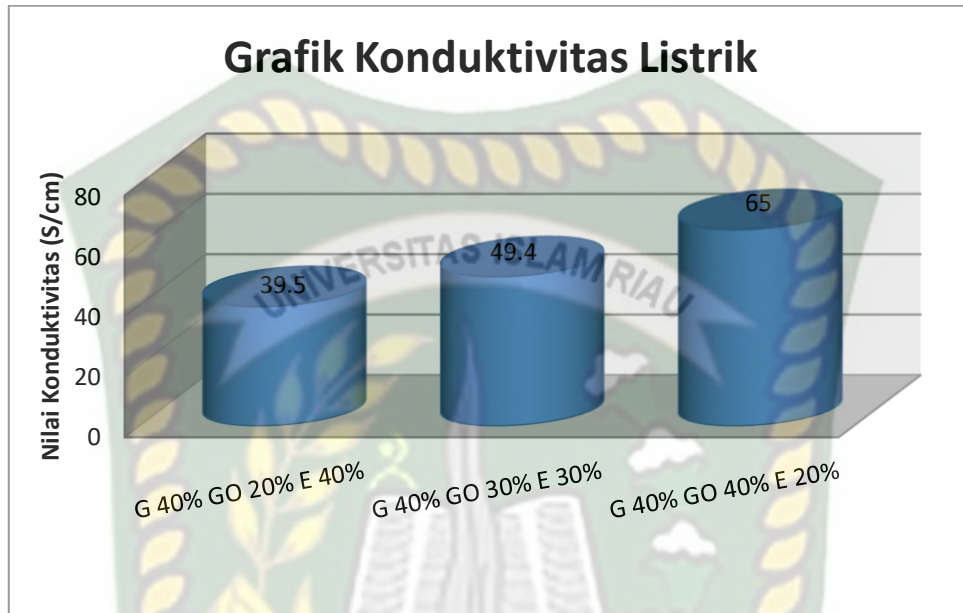
No	Komposisi (%)	Konduktansi (S)	Konduktivitas Listrik (S/cm)
1	Grafit 40% Grafena Oksida 20% Resin 40%	200	39,5
2	Grafit 40% Grafena Oksida 30% Resin 30%	250	49,4
3	Grafit 40% Grafena Oksida 40% Resin 20%	333	65



Gambar 4.1 Grafik Konduktansi Terhadap Variasi Komposisi

Perhitungan nilai konduktansi didapat dari rumus persamaan untuk mengetahui seberapa besar nilai yang dihasilkan. Dari perhitungan nilai konduktansi yang telah dilakukan, dimana hasil pengukuran konduktansi yang didapatkan bahwa pada spesimen 3 dengan kandungan karbon grafit 40%, grafena oksida 40% dan resin 20% memiliki nilai konduktansi yang baik. Hal ini

disebabkan kandungan grafena oksida yang lebih dominan dibandingkan dengan spesimen 1 dan 2, sehingga mampu meningkatkan nilai konduktansi yang cukup signifikan.



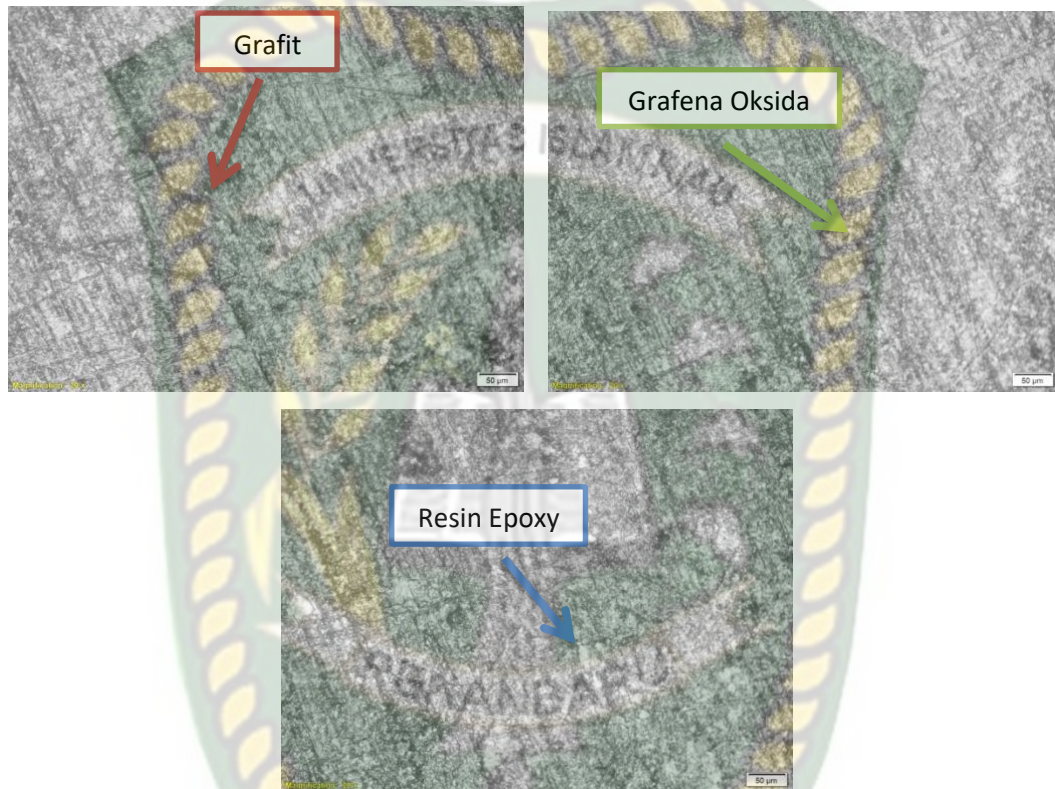
Gambar 4.2 Grafik Konduktivitas Listrik Dengan Variasi Komposisi

Nilai konduktivitas listrik didapatkan dari rumus persamaan untuk mengetahui seberapa besar nilai konduktivitas listrik yang dihasilkan. Dari perhitungan nilai konduktivitas listrik yang telah dilakukan dan didapatkan hasil setelah dikonversikan menggunakan rumus perhitungan. Dari gambar 4.2 dapat disimpulkan bahwa nilai terbaik didapatkan yaitu pada spesimen 3 dengan kandungan karbon grafit 40%, grafena oksida 40% dan resin epoxy 20% memiliki nilai konduktivitas listrik 65 (S/cm). Hal ini disebabkan kandungan grafena oksida yang lebih banyak dibandingkan dengan spesimen 1 dan 2. Namun belum memenuhi Standar *Departmen Of Energy* (DOE) yaitu 100 S/cm.

4.2 Hasil Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan ini bertujuan untuk melihat susunan struktur grafit, grafena oksida dan resin epoxy pada spesimen pellet konduktor polimer komposit. Spesimen yang akan diuji adalah spesimen yang menggunakan variasi perbandingan komposisi campuran.

a. Topografi spesimen 1 dengan 20x pembesaran pada 3 area berbeda

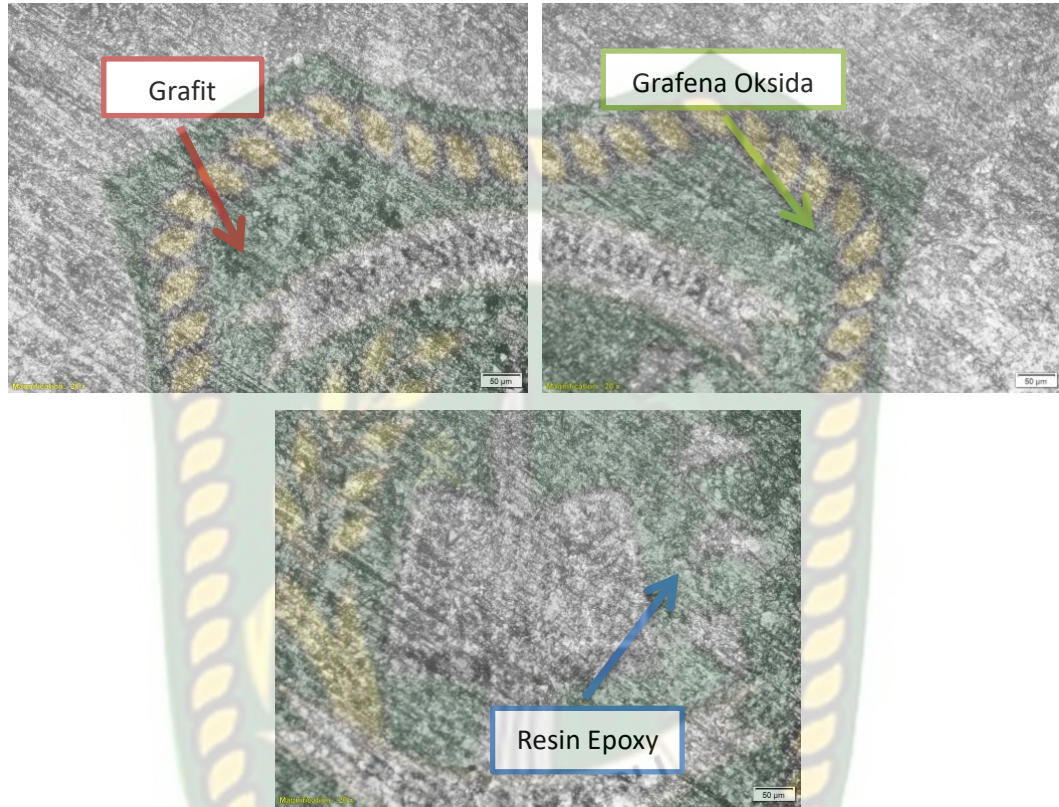


Gambar 4.3 Topografi Permukaan Dengan Perbandingan Karbon Grafit 40% Grafena Oksida 20% dan Resin Epoxy 40%

Dari hasil pengamatan pada gambar 4.3 bentuk dari struktur mikro dengan perbandingan variasi komposisi karbon grafit 40% grafena 20% dan resin epoxy 40%. Terlihat bahwa pada spesimen tersebut karbon grafit tampak lebih banyak dari pada karbon grafena oksida dan resin epoxy terlihat masih ada yang bergumpal dan penyebaran kurang merata, menyebabkan permukaan spesimen terlihat kasar dan berpori. Hal ini disebabkan karena kandungan grafit lebih dominan dari pada grafena oksida. Dari gambar 4.3 menunjukkan bahwa panah

merah adalah karbon grafit, dan panah biru adalah resin epoxy dan panah hijau adalah grafena oksida.

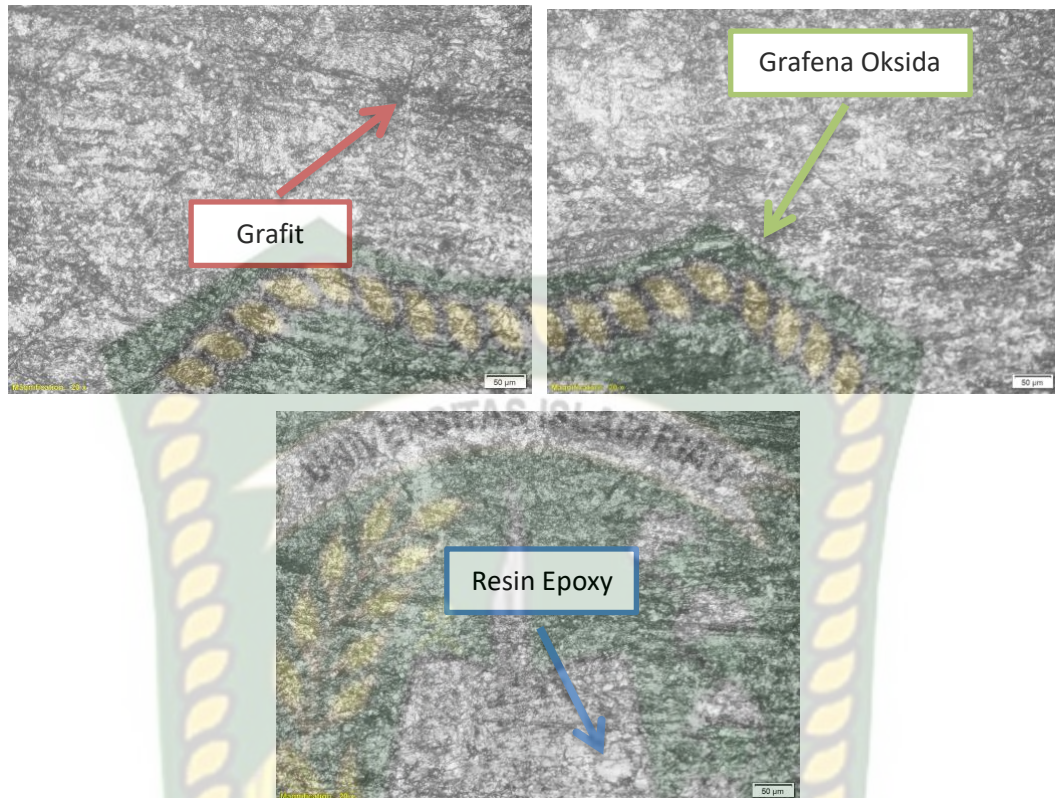
b. Topografi spesimen 2 dengan 20x pembesaran pada 3 area berbeda



Gambar 4.4 Topografi Permukaan Dengan Perbandingan Karbon Grafit 40% Grafena Oksida 30% dan Resin Epoxy 30%

Dari hasil pengamatan pada gambar 4.4 bahwa bentuk dari struktur mikro dengan variasi komposisi perbandingan karbon grafit 40% grafena oksida 30% dan resin epoxy 30% terlihat bahwa pada spesimen tersebut struktur partikelnya tersusun merata, hal ini dikarenakan komposisi dari grafena oksida dan grafit hampir sama banyak, untuk permukaannya terlihat halus dan tidak berpori dibandingkan dengan spesimen pertama. Dari gambar 4.4 menunjukkan bahwa panah merah adalah karbon grafit, dan panah hijau adalah grafena oksida dan panah biru adalah resin epoxy.

c. Topografi spesimen 3 dengan 20x pembesaran pada 3 area berbeda



Gambar 4.5 Topografi Permukaan Dengan Perbandingan Karbon Grafrit 40% Grafena Oksida 40% dan Resin Epoxy 20%

Dari hasil pengamatan pada gambar 4.5 bahwa bentuk dari struktur mikro dengan variasi komposisi perbandingan karbon grafit 40% grafena oksida 40% dan resin epoxy 20% terlihat bahwa pada spesimen tersebut struktur partikelnya lebih merata dan pada permukaannya terlihat lebih halus dibandingkan dengan spesimen pertama dan kedua, hal ini dikarenakan komposisi dari grafena oksida lebih banyak. Dari gambar 4.5 menunjukkan bahwa panah merah adalah karbon grafit, panah hijau adalah grafena oksida dan panah biru adalah resin epoxy.

Dari hasil pengamatan dapat disimpulkan bahwa semakin besar komposisi karbon grafena oksida maka semakin tinggi kerapatan partikelnya, sehingga dapat menghantarkan arus listrik dengan baik.

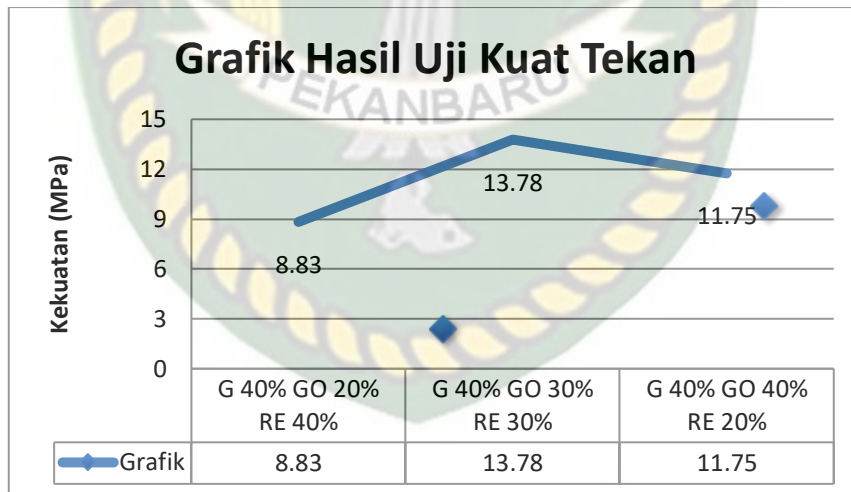
4.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan

Pada pengujian kuat tekan yang dilakukan di laboratorium politeknik kampar dengan tiga variasi komposisi yang berbeda, yaitu karbon grafit, karbon grafena oksida dan resin epoxy. Hasil dari pengujian ini akan di jelaskan dalam tabel 4.3.

Tabel 4.3. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Speciment (%)	Area (mm ²)	Max. Force (N)	Comp. Strenght (MPa)
Spesimen 1 40:20:40	530.929	4690.3	8.83
Spesimen 2 40:30:30	526.853	7258.3	13.78
Spesimen 3 40:40:20	526.853	6190.7	11.75

a. Grafik Uji Kuat Tekan



Gambar 4.6 Hasil Pengujian Kuat Tekan

Setelah dilakukan pengujian kuat tekan dengan tiga variasi komposisi yang berbeda, dimana pada spesimen 1 memiliki komposisi dengan perbandingan karbon grafit 40%, karbon grafena oksida 20% dan resin epoxy 40%, pada spesimen 2 memiliki komposisi dengan perbandingan karbon grafit 40%, karbon grafena oksida 30% dan resin epoxy 30%, dan pada spesimen 3 memiliki

komposisi dengan perbandingan karbon grafit 40%, karbon grafena oksida 40% dan resin epoxy 20%.

Adapun data hasil pengujian yang didapatkan pada masing–masing komposisi tersebut. Pada komposisi karbon grafit 40%, karbon grafena oksida 20% dan resin epoxy 40% hasil yang di dapat yaitu 8,83 (MPa). Pada spesimen kedua dengan komposisi karbon grafit 40%, karbon grafena oksida 30% dan resin epoxy 30% hasil yang di dapat yaitu 13,78 (MPa). Dan pada specimen ketiga komposisi karbon grafit 40%, karbon grafena oksida 40% dan resin epoxy 20% hasil yang didapat yaitu 11,75 (MPa).

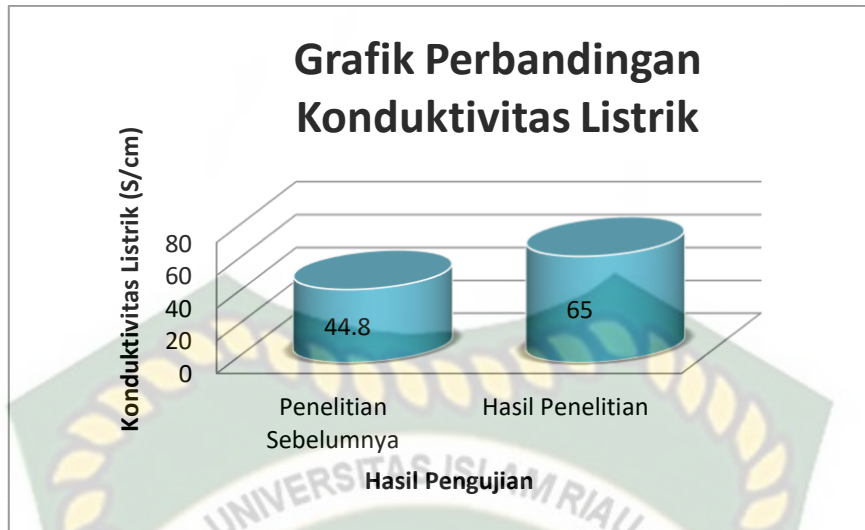
Dapat disimpulkan bahwa kekuatan tertinggi dimiliki oleh spesimen ke-2 dengan perbandingan variasi komposisi karbon grafit 40%, karbon grafena oksida 30% dan resin epoxy 30% dengan nilai 13,78 (MPa). Namun belum memenuhi Standar *Departmen Of Energy* (DOE) yaitu >25 MPa. Dan untuk kekuatan terendah dimiliki oleh spesimen pertama dengan perbandingan komposisi karbon grafit 40%, karbon grafena oksida 20% dan resin epoxy 40% dengan nilai 8,83 (MPa).

Berdasarkan tabel dan grafik dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa variasi komposisi sangat mempengaruhi kuat tekan spesimen. Semakin sedikit penggunaan karbon grafit maka pengujian kuat tekan yang didapatkan semakin rendah, sedangkan jika resin epoxy yang terlalu banyak hasilnya juga rendah. Dikarenakan variasi komposisi sangat mempengaruhi kekuatan pelet komposit.

4.4 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Hasil Penelitian Sebelumnya

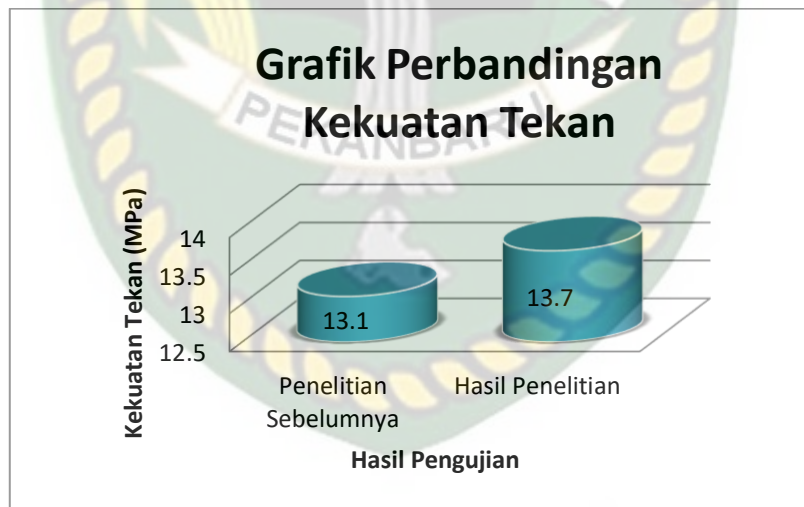
Tabel 4.4 Tabel perbandingan antara hasil penelitian dan hasil penelitian sebelumnya.

Properties	Hasil Penelitian Sebelumnya (Afriyal Rovaldi,2020)			Hasil Penelitian		
	60 : 40	70 : 30	80 : 20	40 : 20 : 40	40 : 30 : 30	40 : 40 : 20
Konduktivitas Listrik (S/cm)	22,7	30,3	44,8	39,5	49,4	65
Kuat Tekan (MPa)	13,1	10,1	9,9	8,8	13,7	11,7



Gambar 4.7 Grafik perbandingan konduktivitas listrik hasil sebelumnya dengan hasil penelitian

Pada gambar 4.7 dapat dilihat bahwa hasil dari penelitian yang telah dilakukan, nilai konduktivitas pada pellet konduktor polimer komposit ini sebesar 65 S/cm, jauh melebihi hasil dari penelitian sebelumnya yaitu 44,8 S/cm.

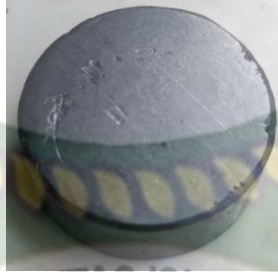


Gambar 4.8 Grafik perbandingan kuat tekan hasil sebelumnya dan hasil penelitian

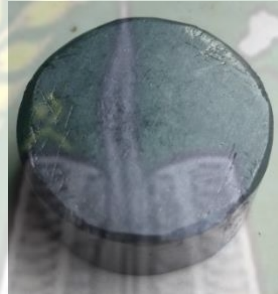
Pada gambar 4.8 dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan yang dilakukan pada penelitian sebelumnya lebih rendah yaitu sebesar 13,1 MPa dibandingkan penelitian yang dilakukan yakni sebesar 13,7 MPa.

4.5 Hasil Penelitian Pelet Konduktor Polimer Komposit

Gambar 4.9, 4.10, dan 4.11 dibawah menunjukkan hasil pembuatan pelet pada variasi komposisi yang berbeda.



Gambar 4.9 Pelet Konduktor Polimer Komposit G : 40% GO 20% dan RE 40%



Gambar 4.10 Pelet Konduktor Polimer Komposit G : 40% GO 30% dan RE 30%



Gambar 4.11 Pelet Konduktor Polimer Komposit G : 40% GO 40% dan RE 20%

Dari gambar 4.9 bisa dilihat bahwa pada variasi komposisi G : 40%, GO : 20% dan RE 40% masih terlihat banyak lubang-lubang kecil yang masih belum terisi oleh material GO dan RE, terlihat kurang terdistribusi secara sempurna. sedangkan pada gambar 4.10 dengan campuran komposisi G : 40%, GO : 30% dan RE 30% terlihat bahwa pelet komposit yang dihasilkan sudah hampir terdistribusi secara sempurna. Pada gambar 4.11 dengan komposisi G : 40%, GO : 40%, dan RE 30% menunjukkan hasil yang sempurna, terlihat grafit dan grafena oksida sudah terdistribusi secara merata dibanding sampel 1 dan 2.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian mengenai pengaruh variasi komposisi campuran grafit, grafena oksida dan resin epoxy pada pelet konduktor polimer komposit, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil dari pengujian konduktivitas listrik dengan menggunakan alat uji konduktivitas listrik di laboratorium teknik mesin UIR, didapatkan nilai tertinggi yaitu pada spesimen ketiga dengan variasi komposisi grafit 40%, grafena oksida 40%, dan resin epoxy 20%. Dapat menghantarkan arus listrik sebesar 65 S/cm. sudah cukup tinggi dari penelitian sebelumnya yaitu 44,8 S/cm, namun belum memenuhi Standar *Departmen Of Energy* (DOE) yaitu 100 S/cm.
2. Hasil pengamatan struktur mikro dengan menggunakan mikroskop optik olympus dengan pembesaran 20x didapatkan bahwa pada spesimen ke-3 dengan kandungan karbon grafit 40 %, grafena oksida 40%, dan resin epoxy 20% memiliki struktur yang padat dan lebih rapat.
3. Didapatkan hasil pada pengujian kuat tekan tertinggi yaitu pada spesimen ke-2 yaitu 13,78 MPa dengan komposisi grafit 40%, grafena oksida 30% dan resin epoxy 30%, namun belum memenuhi Standar *Departmen Of Energy* (DOE) yaitu >25 MPa.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian mengenai variasi komposisi grafit, grafena oksida, dan resin epoxy yang telah dilakukan, ada beberapa saran untuk penelitian selanjutnya yaitu :

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat menambahkan bahan lain yang dapat meningkatkan nilai konduktivitas listrik dan kuat tekan dari pelet konduktor polimer komposit, agar spesimen yang dihasilkan bisa diaplikasikan untuk pelat bipolar.

2. Mengembangkan penelitian yang ramah lingkungan dan menjadi suatu teknologi yang bermanfaat bagi masyarakat, dan bisa diaplikasikan untuk kehidupan sehari-hari.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR PUSTAKA

- Broutman, & Agrawal. (1990). Composite Material. Defence Scientific Information & Documentation Center, Delhi.
- Callister, William J. (2009). Materials Science And Engineering An Introduction, 8th Edition, New Jersey : John Wiley Sons, Inc, Hoboken.
- Cui, R. & Jun-Jie, Zhu. (2010). Fabrication of a novel Electrochemical Immunosensor Based on The Gold Nanoparticles/Colloidal Carbon Nanosphere Hybrid Material, Elsevier.
- Daniela C. Marcano, dkk. (2010) Improved Synthesis of Graphene Oxide, Rice University, Texas.
- 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.
- Khamid. (2011). Rancang Bangun Alat Uji Bending Dan Hasil Pengujian Untuk Bahan Besi Cor. Teknik Mesin, Universitas Diponegoro. Semarang.
- Michael H. W. (1998). Stress And Analysis Of Fiber Reinforced Composite Material Mc Graw-Hill International Edition.
- Nastiti, Elisa Putri, & Hidayati Nur. (2020). Preparation and Characterization of sPEEK-PVA Composite Membranes with Graphene Oxide as filler for Direct Methanol Fuel Cells. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Nayiroh, & Nurul. (2013). Klasifikasi Komposit Metal Matrix Composite. Teknologi Material Komposit, Indonesia.
- Pranata, Giya. dkk. (2015). Karakterisasi Lapisan Reduced Graphene Oxide (RGO) pada Substrat ITO untuk Aplikasi Sel Surya Organik. Universitas Padjajaran. Sumedang
- R. E. Smallman, & R. J. Bishop, (2000). Modern Physical Metallurgy and Material Engineering, Hill International Book Company, New York.
- R. Strumpler, J. Glatz-Reichenbach (1999), Conducting Polymer Composite, ABB Corporate Research Ltd., CH-5405 Baden Dattwil, Switzerland.

- Rovaldi, Afriyal. (2020). Pengaruh Komposisi Karbon Grafit Sebagai Bahan Pengisi dan Damar Sebagai Bahan Pengikat Terhadap Pelet Conducting Polymer Composite. Universitas Islam Riau, Pekanbaru.
- Surdia, T. Saito, S. (1999). Pengetahuan Bahan Teknik, Cetakan ke 4, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Zhu, Yanwu dkk. (2010) Grafena dan Grafena Oksida: Sintesis, Sifat, dan Aplikasi. Universitas Texas. Austin

