

ANALISIS PARAMETER PROSES PEMBUATAN PLAT TERHADAP KEKONDUKSIAN LISTRIK

SKRIPSI

OLEH :

**ROGRACE V. SIHOMBING
208130054**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 8/8/25

Access From (repository.uma.ac.id)8/8/25

HALAMAN JUDUL

ANALISIS PARAMETER PROSES PEMBUATAN PLAT TERHADAP KEKONDUKSIAN LISTRIK

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area

OLEH:

ROGRACE V. SIHOMBING
208130054

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

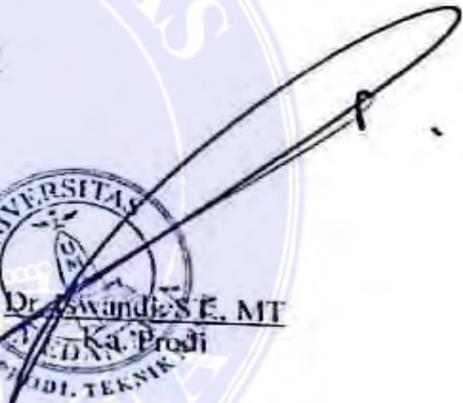
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Proposal : Analisis Parameter Proses Pembuatan Plat Terhadap Kekonduksian Listrik
Nama Mahasiswa : Rograce V. Sihombing
NIM : 208130054
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing


Dr. Iswandi, ST., MT
Pembimbing


Dr. Eng. Supriatno, ST., MT
Dekan


Dr. Iswandi, ST., MT
Ket. Prodi

Tanggal Lulus: 19 Maret 2025

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 19 Maret 2025



Rograce V. Sihombing
NPM 208130054

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan
dibawah ini:

Nama : Rograce V. Sihombing
NPM : 208130054
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi/Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada
Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive
Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul: "ANALISIS
PARAMETER PROSES PEMBUATAN PLAT TERHADAP KEKONDUKSIAN
LISTRIK"

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) dengan Hak Bebas Royalti
Nonekseklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih
media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat,
dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan
nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Demikian
pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Dibuat di: Universitas Medan Area
Pada Tanggal : 19 Maret 2025
Yang menyatakan :

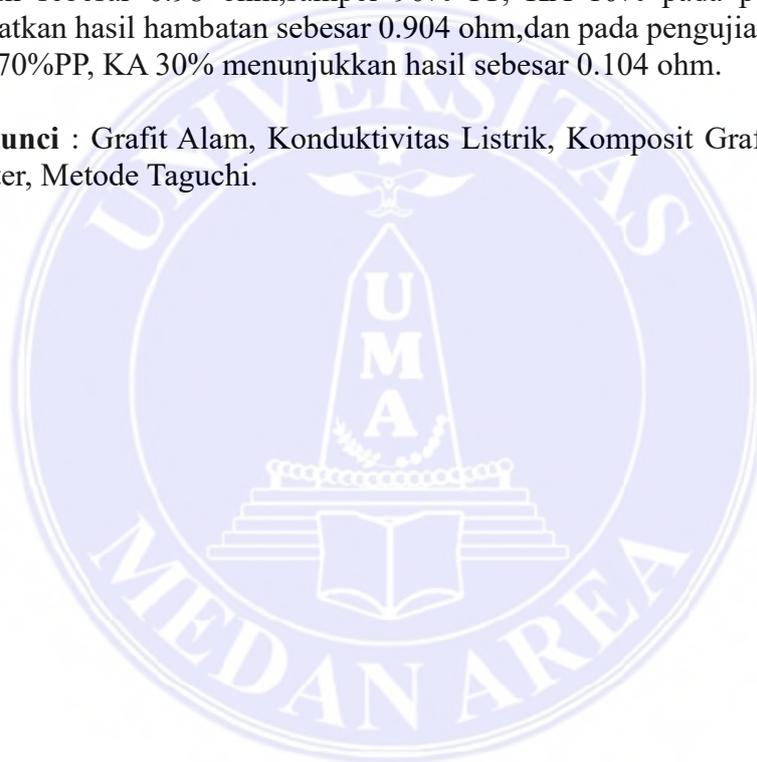


(Rograce V. Sihombing)
NPM 208130054

ABSTRAK

Alat-alat elektronik sudah menjadi pelengkap kehidupan manusia, di dalamnya terdapat sebagai macam divais elektronik yang tersusun sehingga memiliki fungsinya tersendiri. Bagian penting dari tumpukan sel bahan bakar membrane elektrolit polimer adalah pelat bipolar (BP), yang menyumbang sekitar 80% dari total berat dan 45% biaya tumpukan. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Studi literatur untuk memahami konsep dasar tentang pengaruh suhu dan daya dalam waktu proses pengujian sampel. Penelitian ini dilaksanakan di Jl. Sultan Serdang Dusun II Desa Sena, Gg Iklhas, kec. Batang Kuis, Deli Serdang, Sumatera Utara. Hasil dan pembahasan memperoleh pengaruh komposisi karbon aktif terhadap nilai kekonduksian listrik dengan menggunakan sampel *Polypropylene* dan karbon aktif, pengaruh sifat listrik terhadap nilai kekonduksian listrik. Sampel 100% PP, KA 0% Pada pengujian pertama menunjukkan hasil hambatan sebesar 0.98 ohm, sampel 90% PP, KA 10% pada pengujian kedua mendapatkan hasil hambatan sebesar 0.904 ohm, dan pada pengujian ketiga dengan sampel 70% PP, KA 30% menunjukkan hasil sebesar 0.104 ohm.

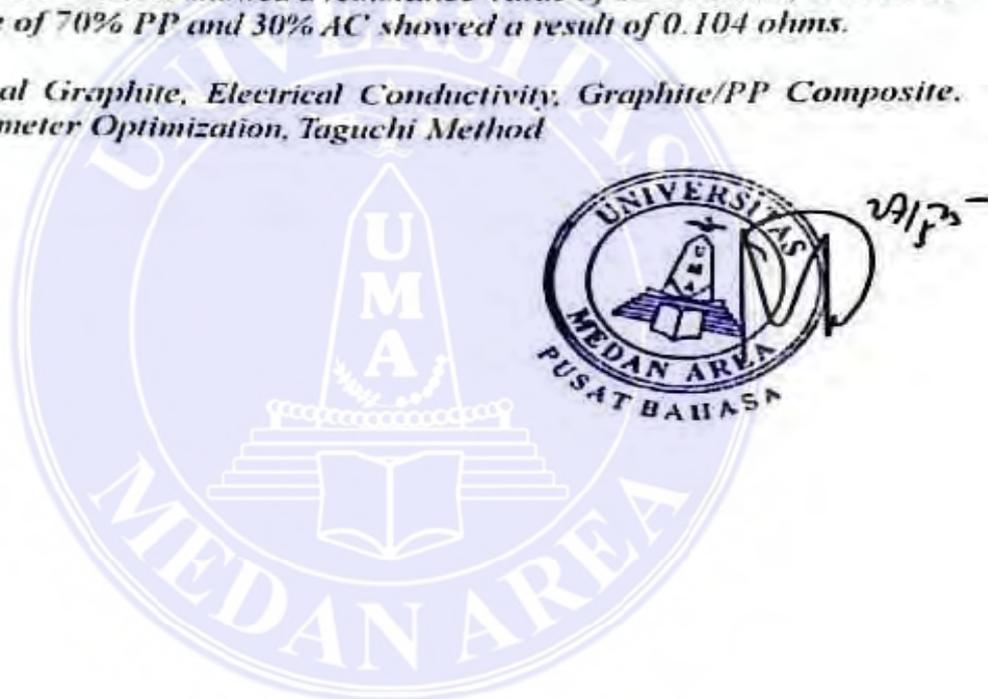
Kata Kunci : Grafit Alam, Konduktivitas Listrik, Komposit Grafit/PP, Optimasi Parameter, Metode Taguchi.



ABSTRACT

Electronic devices have become an essential part of human life, consisting of various electronic components arranged to perform specific functions. An important component of polymer electrolyte membrane fuel cell stacks is the bipolar plate (BP), which accounts for about 80% of the total weight and 45% of the stack cost. The research method used in this study was a literature review to understand the basic concepts of the effects of temperature and power during sample testing. This research was conducted at Jl. Sultan Serdang Dusun II, Sena Village, Gg. Ikhlas, Batang Kuis District, Deli Serdang, North Sumatra. The results and discussion revealed the effect of activated carbon composition on the electrical conductivity value using Polypropylene and activated carbon samples, and the effect of electrical properties on the conductivity value. A sample of 100% PP and 0% AC in the first test showed a resistance value of 0.98 ohms, a sample of 90% PP and 10% AC in the second test showed a resistance value of 0.904 ohms, and in the third test, a sample of 70% PP and 30% AC showed a result of 0.104 ohms.

Keywords: *Natural Graphite, Electrical Conductivity, Graphite/PP Composite, Parameter Optimization, Taguchi Method*



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Medan pada tanggal 13 febuari 2001 dari Ayah Rasmen Sihombing dan Ibunda Marlina Panggabean . Penulis merupakan anak ke lima dari lima bersaudara.

Pada tahun 2019 penulis lulus dari SMA Swasta Cahaya Medan dan terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Mesin Universitas Medan Area.Sejalan perkuliahan,tepatnya pada tahun 2022 penulis melaksanakan praktek kerja lapangan (PKL) di PT.SOCFIN INDONESIA Bangun Bandar.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karuniaNya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah Kekonduksian Listrik dengan judul Analisis Variasi Komposisi Terhadap Kekonduksian Listrik.

Terima Kasih penulis sampaikan kepada Bapak Dr. Iswandi, ST., MT selaku pembimbing yang telah banyak memberikan saran. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah R. Sihombing, ibu M. Panggabean. Serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir/skripsi ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan tugas akhir/skripsi ini. Penulis berharap tugas akhir/skripsi ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan pendidikan mampu masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis

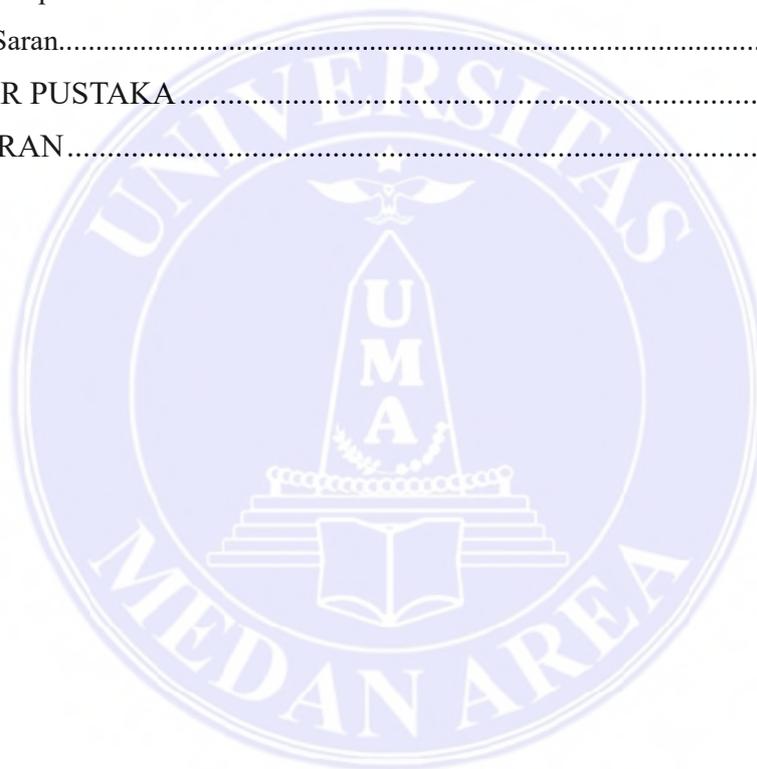


Rograce V. Sihombing
NPM. 208130054

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
ABSTRAK	v
ABSTRAK	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR NOTASI.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Hipotesis Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Fuel Cell Material	6
2.2 Komposit.....	7
2.3 Polimer Komposit Kekonduksian	9
2.4 Kekonduksian Listrik	10
2.5 Listrik	12
2.6 Material Komposit	13
2.7 Resistivity.....	18
2.8 Pengaruh Distribusi Partikel Terhadap Kekonduksian Listrik (KE)	19
2.9 Plat Dwi Kutub.....	21
2.10 Metode Pengukuran Resistivity	23
2.11 Metode Optimasi Taguchi	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	27
3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian	27

3.2	Bahan Dan Alat	27
3.3	Metode Penelitian	33
3.4	Populasi dan Sampel	35
3.5	Prosedur kerja	36
3.6.	Tahapan Pengujian Resistivitas	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		41
4.1	Hasil	41
4.2	Pembahasan.....	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		56
5.1	Simpulan	56
5.2	Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA.....		58
LAMPIRAN.....		60



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Fuell Cell Material	7
Gambar 2. 2. Plat Dwi Kutub.....	22
Gambar 3. 1. Sampel Polypropylane 100%	28
Gambar 3. 2. Karbon Aktif	30
Gambar 3. 3. Kekonduksian Listrik.....	32
Gambar 3. 4. Diagram Alir Penelitian.....	40
Gambar 4. 1. Grafik pengujian 100 % PP, 0 % KA	42
Gambar 4. 2. Grafik pengujian 90 % PP, 10 % KA	43
Gambar 4. 3. Grafik pengujian 70 % PP, 30 % KA	44
Gambar 4. 4. Grafik pengujian 100 % , 0 % KA	46
Gambar 4. 5. Grafik pengujian 90 % PP ,10 % KA	46
Gambar 4. 6. Grafik pengujian 70 % PP, 30 % KA	47
Gambar 4. 7. Nilai Rata-Rata pengujian komposit 100% PP,0%KA	47
Gambar 4. 8. Nilai Rata-Rata pengujian komposit 90% PP,10%KA	47
Gambar 4. 9. Nilai Rata-Rata pengujian komposit 70% PP,30%KA	48



DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1. Jadwal Penelitian.....	27
Tabel 3. 2. Populasi dan Sampel	35
Tabel 4. 1. Hasil pengujian sampel	41
Tabel 4. 2. Tabel kekonduksian litrik dengan hambatan	45



DAFTAR NOTASI

PEMFC	= <i>Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells</i>
PEM	= <i>Polymer electrolyte membrane</i>
MEA	= <i>Membrane electrolyte assembly</i>
BP	= <i>bipolar plates</i>
PMC	= <i>Polimer Matrix Composites</i>
Ohm	= Hambatan Listrik
σ	= Tegangan(S/m)
ρ	= Resistivitas lembaran tipis (Ωm)
P	= Tekanan (P_a)
F	= Gaya (N)
A	= Luas Bidang (A)
V	= Beda potensial listrik(V)
I	= Kuat arus(A)
BMI	= Bismaleimida
PI	= polimida
KE	= Kekonduksian Elekktrical
DCV	= Arus searah
ACV	= Arus bolak balik
PES	= Polietter sulfon
C	= Karbon
Si	= Silikon
S	= Polietter eterektion
PTFE	= <i>Polietera fluroetilena</i>
KA	= Karbon Aktif
AGNR	= <i>Armchair Graphene Nanoribbon</i>
CNT	= Carbon Nanotube
EMI	= Elektromagnetik
ISM	= Intelegent Sensor Mangement

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sel bahan bakar diharapkan memainkan peran utama dan masa depan yang dapat diperkirakan. Pengembangan dan penerapan sel bahan bakar yang ekonomis dan andal diharapkan akan mengantarkan era hidrogen berkelanjutan. Sel bahan bakar membran elektrolit polimer (PEMFC) adalah sel pilihan untuk aplikasi propulsi otomotif masa depan, sebagian karena suhu pengoperasiannya yang cukup rendah. Sistem PEMFC adalah sistem energi yang dapat mengubah hidrogen dan oksigen (atau udara) menjadi listrik dengan air sebagai satu-satunya produk sampingan, dan karenanya juga sangat menarik dari sudut pandang lingkungan.

Bagian penting dari tumpukan sel bahan bakar PEMFC adalah plat bipolar (BP) yang menyumbang sekitar 80% dari total berat dan 45% total tumpukan. Mereka dirancang untuk mencapai banyak fungsi, seperti mendistribusikan reaktan secara merata ke seluruh area aktif, menghilangkan panas dari area aktif, mengalirkan arus dari sel ke sel dan mencegah kebocoran reaktan dan cairan pendingin. Selain itu, pelat tersebut harus terbuat dari bahan yang murah, ringan, dan harus mudah dan murah diproduksi. Upaya sedang dilakukan untuk mengembangkan bahan BP yang memenuhi permintaan ini. Bahan utama yang dipelajari sampai saat ini meliputi elektro grafit, lembaran logam (dilapisi dan tidak dilapisi) dan komposit polimer grafit. dalam ulasan terbaru, Mehta dan Cooper menganalisis desain dan pembuatan sel bahan bakar membran penukar proton (PEM) untuk aplikasi kendaraan dan juga membahas aspek teknik bahan BP. Sebelumnya, Borup dan Vanderborgh secara singkat meninjau materi BP yang

berbeda. Saat melakukan analisis desain rinci BP untuk sel bahan bakar PEM, Cooper juga menjelaskan sejumlah sifat yang diinginkan dalam bahan BP.

Karakteristik BP yang beragam dan penggabungan sifat fisik dan kimia yang berbeda telah memunculkan sejumlah material baru. Tinjauan ini memberikan gambaran terkini tentang bahan BP dan karakteristiknya. BP dan sifat materialnya sel bahan bakar PEM tipikal pada dasarnya terdiri dari penyangga anoda, rakitan membran/elektroda (MEA) dan penyangga katoda yang diapit di antara dua BP (anoda dan katoda). BP mempunyai fungsi sebagai berikut untuk mendistribusikan bahan bakar dan oksidan di dalam sel, Untuk memudahkan pengelolaan air di dalam sel, memisahkan sel individual dalam tumpukan, untuk membawa arus keluar dari sel, memudahkan manajemen panas oleh karena itu, bahan pembuatan BP akan berbeda-beda, grafit tidak berpori. secara tradisional, bahan BP yang paling umum digunakan adalah grafit, baik alami maupun sintetis, karena memiliki stabilitas kimia yang sangat baik untuk bertahan dalam lingkungan sel bahan bakar. Ia juga memiliki resistivitas yang sangat rendah, sehingga menghasilkan keluaran daya elektrokimia tertinggi. Namun, hal ini penuh dengan masalah biaya tinggi, kekuatan mekanik yang rendah dan kebutuhan pemesinan untuk membentuk saluran aliran. Oleh karena itu, pencarian alternatif yang lebih baik dilakukan seperti dijelaskan di bawah.

Alat-alat elektronik sudah menjadi pelengkap kehidupan manusia. Di dalamnya terdapat berbagai macam divais elektronik yang tersusun sehingga memiliki fungsinya tersendiri. Transistor (*transfer resistor*) merupakan salah satu bagian pada alat elektronik. Perkembangan divais ini masih sangat pesat ditandai dengan inovasi terbaru dalam mengoptimalkan performa dan kualitas divais.

Mobilitas elektron pada graphene dapat mencapai $15.000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ dan dapat ditingkatkan hingga mencapai $\approx 100.000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ (Geim dan Novoselov 2007). Salah satu divais semikonduktor yang dapat dibuat adalah transistor dwikutub. Meskipun *graphene* belum banyak diproduksi atau kemudian dipasarkan, *graphene* adalah masa depan bagi perkembangan teknologi modern. Berbagai penelitian dengan topik graphene telah dilakukan, diantaranya pada rekayasa celah energi semikonduktor *graphene* dengan pemberian *doping Boron dan Nitrogen* (Rani dan Jindal 2013), pemodelan divais *graphene* dengan komputer (Noor dkk., 2015), pemodelan arus terobosan dan pada implementasi lainnya dari bahan *graphene*. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk membuat simulasi arus terobosan pada divais transistor berbahan *graphene* dengan melakukan pendekatan Wentzel-Kramers-Brilouin (WKB) (Zhang dkk., 2008). Pada penelitian yang dilakukan oleh Noor dkk., 2015, telah dilakukan pemodelan arus terobosan divais berbahan AGNR. Pada penelitian tersebut, digunakan parameter celah energi dan massa efektif untuk memperoleh nilai transmitansi elektron. Pendekatan analitik Airy digunakan pada model transistor untuk mendapatkan transmitansi elektron. Transmitansi elektron kemudian digunakan untuk mencari arus terobosan dengan persamaan Landauer. Pada penelitian ini penulis melakukan perhitungan tentang arus terobosan dengan metode matriks transfer (MMT) dan persamaan Schrodinger. Solusi fungsi gelombang yang digunakan adalah fungsi eksponensial dengan menggunakan parameter celah energi dan massa efektif berdasarkan lebar AGNR. Lebar AGNR bergantung kepada indeks N, yaitu jumlah baris atom pada sisi lebar AGNR. Hasil perhitungan kemudian dibandingkan dengan referensi yang dimana telah dilakukan penelitian yang hampir sama dengan metode yang berbeda.

Pemodelan dengan MMT telah diuji dan merupakan metode dengan hasil yang lebih baik pada penelitian arus terobosan.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang diteliti dapat dirumuskan kedalam bentuk pertanyaan sebagai berikut:

1. Apa saja parameter proses pembuatan yang berpengaruh terhadap kekonduksian listrik, dan bagaimana interaksinya dengan komposisi karbon aktif ?
2. Bagaimana menganalisis sifat listrik terhadap nilai kekonduksian listrik ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh komposisi karbon aktif terhadap nilai kekonduksian listrik.
2. Menganalisis sifat listrik terhadap nilai kekonduksian listrik.

1.4 Hipotesis Penelitian

Dalam penelitian ini perkiraan yang akan dihasilkan dengan melihat parameter proses dan komposisi Terdapat pengaruh signifikan dari parameter proses pembuatan plat (seperti suhu, tekanan, dan waktu pemrosesan) terhadap kekonduksian listrik plat yang dihasilkan. Peningkatan suhu proses pembuatan plat akan meningkatkan kekonduksian listrik plat. Peningkatan tekanan selama

proses pembuatan plat akan meningkatkan kekonduksian listrik plat. Waktu pemrosesan yang lebih lama akan menghasilkan plat dengan kekonduksian listrik yang lebih tinggi dibandingkan dengan waktu pemrosesan yang lebih singkat.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pengaruh komposit laminat dwikutub terhadap kuat luntur.

1. Untuk menambah pengetahuan tentang sifat mekanik komposit yang dilapisi dengan komposit karbon aktif.
2. Diharapkan bisa memanfaatkan teknologi komposit dibidang material untuk dapat digunakan sebagai bahan acuan dan pertimbangan dalam pengembangan penelitian ilmu yang sejenis.
3. Hasil penelitian ini diharapkan mampu menambah perkembangan ilmu pengetahuan dibidang komposit laminat yang akan terus berkembang.

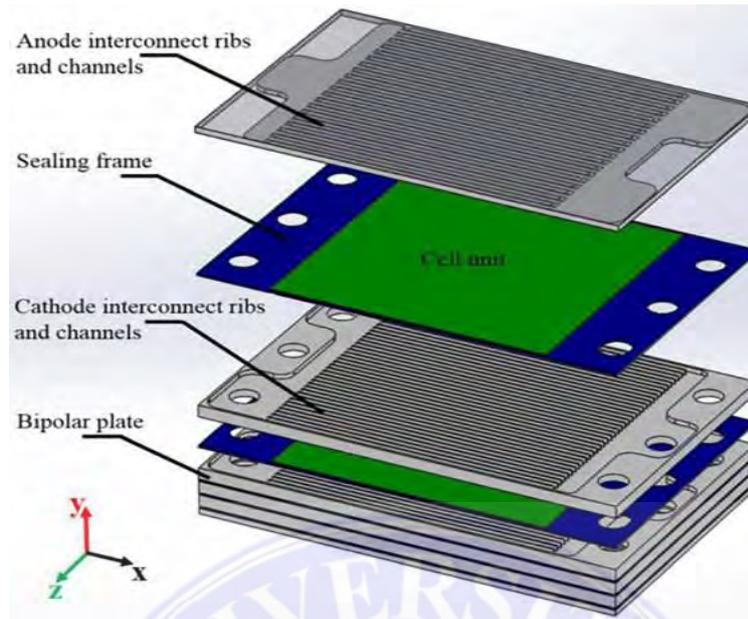
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fuel Cell Material

Fuel Cell merupakan suatu piranti elektrokimia yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik secara langsung dengan adanya pasokan bahan bakar (hidrogen) dan zat oksidan (oksigen dari luar) yang dipompakan ke dalam sel (Winter, M. dan Brodd, R.J., 2004).

Sel bahan bakar serupa dengan mesin pembakar (*combustion engine*) yakni memerlukan bahan bakar untuk menjalankannya, namun serupa juga dengan baterai dimana mampu mengubah energi kimia menjadi listrik secara langsung tanpa melalui proses pembakaran. Perubahan energi secara langsung tersebut yakni tanpa melalui proses pembakaran dapat meningkatkan efisiensi konversi dari sel (Brett, D.J.L., et al, 2008).

Secara umum, sel bahan bakar terdiri dari dua komponen penting yakni elektroda (katoda dan anoda) dan elektrolit. Susunan dari sel bahan bakar mirip halnya dengan roti lapis (*sandwich*), dimana kedua elektroda mengampit elektrolit yang kemudian bahan bakar dialirkan di atas permukaan anoda, sedangkan oksigen dialirkan di atas permukaan katoda. Bahan bakar yang digunakan untuk sel bahan bakar umumnya adalah gas hidrogen (H_2). Adapun beberapa jenis sel bahan bakar yang dapat menggunakan metanol (CH_3OH), CO, maupun hidrokarbon seperti metana (CH_4). Berdasarkan suhu operasinya, sel bahan bakar terbagi ke dalam dua jenis yaitu sel bahan. Gambar fuel cell material dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.1. *Fuell Cell Material*

bakar suhu rendah yang beroperasi pada suhu dibawah 300°C daniel bahan bakar suhu tinggi yang beroperasi pada suhu dibawah 300°C . (Winter, M. dan Brodd, R.J., 2004)

2.2 Komposit

Komposit adalah material hasil kombinasi makroskopis dari dua atau lebih komponen yang berbeda, dengan tujuan untuk mendapatkan sifat-sifat fisik dan mekanik tertentu yang lebih baik daripada sifat masing-masing komponen penyusunnya (Franciska, 2008). Menurut Robert M. Jones dalam *Mechanics of Composite Material* (1999), bahan komposit berarti dua atau lebih bahan yang berbeda yang digabung atau dicampur secara makroskopis menjadi suatu bahan yang berguna. Bahan tersebut mempertahankan sifatnya dalam komposit yaitu, saling tidak larut atau menggabungkan sepenuhnya satu sama lain. Biasanya,

komponen dapat diidentifikasi secara fisik dan menunjukkan sebuah antarmuka antara satu sama lain.

Komponen penyusun dari komposit, yaitu berupa penguat (*reinforcement*) dan pengikat (*matrix*). Kekuatan dan sifat dari komposit merupakan fungsi dari fasa penyusunnya, komposisinya serta geometri dari fasa penguat. Geometri fasa penguat disini adalah bentuk dan ukuran partikel, distribusi, dan orientasinya. Penguat merupakan material yang umumnya jauh lebih kuat dari matriks dan berfungsi memberikan kekuatan tarik. Matriks berfungsi sebagai media transfer beban ke penguat, menahan penyebaran retak dan melindungi penguat dari efek lingkungan serta kerusakan akibat benturan. Oleh karena itu untuk bahan serat digunakan bahan yang kuat, kaku dan getas, sedangkan bahan matrik dipilih bahan-bahan yang liat, lunak dan tahan terhadap perlakuan kimia.

Semikonduktor silikon juga memiliki mobilitas elektron berkisar dibawah $1400 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ (Jacoboni dkk., 1977). Kelemahan tersebut memberikan peluang bagi bahan padat lainnya sebagai semikonduktor pengganti silikon. Upaya untuk memperoleh divais elektronik dengan performa yang lebih tinggi serta biaya produksi yang lebih rendah ditujukan pada pencarian material baru yang diterapkan pada divais elektronik agar memiliki sifat kelistrikan yang lebih unggul. Material yang menjadi alternatif dan sorotan para peneliti sebagai pelaku di dunia industri sekarang adalah graphene.

Graphene ditemukan pada tahun 2004 sebagai bentuk baru material kristal dengan ketebalan satu atom. *Graphene* memperlihatkan perbedaan dan keunggulan pada sifat kelistrikannya dibandingkan dengan logam konvensional dan semikonduktor. *Graphene* membuka peluang baru untuk desain dan fabrikasi

divais. Elektron pada *graphene* menunjukkan sifat yang mirip dengan foton dan neutrino (Wolf, 2014, hlm. 1). Lapisan tunggal *graphene* memiliki kisi berbentuk heksagonal terdiri dari atom-atom karbon. *Graphene* merupakan bahan baku untuk semua material grafit berdimensi lain seperti fullerena (0D), *Carbon Nanotube/CNT* (1D) dan grafit (3D) (Geim dan Novoselov 2007).

Lapisan *graphene* dengan lebar tertentu dinamakan *Graphene Nanoribbon/GNR*. Terdapat dua jenis GNR berdasarkan sisi tepiannya yaitu *Armchair-GNR* (AGNR) dan *Zigzag-GNR* (ZGNR). ZGNR umumnya bersifat konduktor dan AGNR dapat bersifat konduktor serta semikonduktor bergantung kepada lebarnya. AGNR memiliki beberapa keunggulan dibandingkan semikonduktor berbasis dasar silikon, yaitu lebar celah energi (*band-gap energy*) bisa diubah dengan cara mengatur lebar pitanya.

2.3 Polimer Komposit Kekonduksian

komposit polimer konduktif telah menarik perhatian akademis dan industri selama beberapa dekade. Sayangnya, komposit polimer biasa dengan jaringan konduktif acak umumnya memerlukan muatan pengisi konduktif yang tinggi pada transisi isolator/konduktor, memerlukan pemrosesan yang rumit dan menunjukkan sifat mekanik yang lebih rendah serta keterjangkauan ekonomi yang rendah. polimer komposit kekonduksian Tersegregasi berisi bahan pengisi konduktif yang dipisahkan di sekeliling butiran polimer, bukannya didistribusikan secara acak ke seluruh bahan CPC massal; materi ini jauh lebih unggul dibandingkan dengan CPC normal. Misalnya, bahan s-CPC memiliki konsentrasi perkolasi yang sangat rendah (0,005–0,1 vol%), konduktivitas listrik yang unggul (hingga 106 S/m), dan

efektivitas pelindung interferensi elektromagnetik (EMI) yang wajar (di atas 20 dB) pada pengisi rendah pemuatan. Oleh karena itu, kemajuan besar telah dicapai dengan s-CPC, termasuk material antistatis, pelindung EMI, dan penginderaan berperforma tinggi. Namun saat ini, hanya sedikit tinjauan sistematis yang merangkum kemajuan s-CPC yang tersedia. Untuk memahami dan memanfaatkan kemampuan s-CPC secara efisien, kami berupaya meninjau kemajuan besar yang tersedia dalam literatur. Tinjauan ini dimulai dengan latar belakang singkat dan umum mengenai morfologi dan metode fabrikasi s-CPC. Selanjutnya, kami menyelidiki perilaku perkolasi ultralow dan elemen yang memberikan pengaruh yang relevan (misalnya, jenis pengisi konduktif, polimer inang, metode dispersi, dll.) pada s-CPC. Selain itu, kami juga membahas secara singkat kemajuan terkini dalam sifat mekanik, penginderaan, termoelektrik, dan pelindung EMI dari s-CPC. Terakhir, gambaran tantangan dan tugas materi s-CPC saat ini disajikan untuk memandu pengembangan materi yang menjanjikan ini di masa depan. (Mohd Muhid, M. N, 1996)

2.4 Kekonduksian Listrik

Kekonduksian listrik adalah satu ukuran kemampuan suatu bahan untuk mengalirkan arus elektriknotit. Apabila beza keupayaan piezoelektrik atau muatan listrik noit non bignet competerror diletakkan merentasi pengalir, cas-casnya akan bergerak, menyebabkan wujudnya arus elektrik. Kekonduksian adalah salingan (songsang) kerintangangan elektrik, dan mempunyai unit SI siemens per meter ($S \cdot m^{-1}$). Ia biasanya diwakili dengan huruf Yunani σ , namun κ dan γ juga kadang kala digunakan.

Alat ukur konduktivitas digunakan untuk mengukur konduktivitas elektrolitik (EC), sebuah parameter analitik untuk analisis tingkat kemurnian air, kendali proses kimia, dan aplikasi air limbah industri. Pengukur IC *in-line* ini menghasilkan pengukuran yang andal untuk memastikan kendali proses. Portofolio pengukur konduktivitas digital *Intelligent Sensor Management* (ISM) dari METTLER TOLEDO membantu meningkatkan proses kalibrasi, memastikan keandalan sinyal, dan memiliki rentang pengukuran luas.

Kekonduksian listrik merupakan kemampuan suatu bahan untuk mengkonduksikan atau mentransmisikan panas, listrik atau suara. Sedangkan konduksian listrik merupakan kemampuan suatu bahan dalam menghantarkan arus listrik sebagai hasil perpindahan elektron antar partikel. Kekonduksian listrik didefinisikan sebagai rasio antara densitas suatu bahan (J) dan intensitas aliran listrik (e) dan nilainya berbanding terbalik dengan resistivitas listrik (r). Nilainya dapat dihitung berdasarkan rumus $S = J/e = 1/r$.

Perak adalah jenis konduktor yang mempunyai nilai konduktivitas terbesar diantara jenis logam lainnya, sedangkan untuk konduktivitas air bergantung pada jumlah kandungan ion-ion elektrolit di dalam air tersebut. Tiap ion hanya dapat membawa muatan listrik dalam jumlah terbatas sehingga semakin banyak ion yang terdapat di dalam air semakin banyak muatan listrik yang bisa dibawa dan dialirkan.

Kekonduksian merupakan suatu hantaran dari bagian benda ke bagian benda lainnya atau dari satu benda ke benda lain tanpa adanya perpindahan partikel maupun zat. Dalam beberapa penelitian perpindahan tenaga kalor ini sendiri dapat dikategorikan ke dalam beberapa golongan cara perpindahan. Kalor dapat

merambat dari suatu bagian ke bagian lain melalui zat atau benda yang diam. Selain itu kalor juga bisa membawa partikel-partikel zat yang mengalir. Saat itu, tenaga kalor tersebut berpindah melalui pancaran. Perpindahan kalor secara konduksi ini biasanya dapat terjadi pada zat padat, misalnya besi, logam, dan tembaga. Zat yang bisa menghantarkan kalor dengan baik dinamakan konduktor, sementara itu, zat yang sulit menghantarkan kalor dinamakan isolator. Konduksi adalah satu-satunya mekanisme dimana panas mampu mengalir didalam zat padat yang tidak mampu tembus Cahaya. (Agus Pramono, D. 2012).

2.5 Listrik

Listrik merupakan partikel subatomik seperti proton dan elektron yang bisa menyebabkan dorongan atau tahanan gaya diantaranya. Arus listrik merupakan partikel elektron yang mengalir dari potensial tinggi menuju potensial yang lebih rendah melalui mediator yang disebut konduktor. Besaran-besaran dalam kelistrikan Besaran-besaran yang dimiliki oleh listrik meliputi kuat arus listrik (I), tegangan listrik (V) dan tahanan listrik (R). Ketiga besaran tersebut saling berkaitan satu sama lain dan dituliskan dalam hukum Ohm Perbedaan potensial antara ujung konduktor berbanding langsung dengan arus yang melewati dan berbanding terbalik dengan tahanan konduktor. Bunyi hukum Ohm tersebut dapat dirumuskan dengan Hukum lain yang berkaitan dengan hukum kelistrikan adalah hukum joule Arus listrik yang melewati konduktor dengan perbedaan tegangan dalam waktu tertentu akan menghasilkan energi panas.

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mencegah kerugian adalah dengan adanya perencanaan yang baik dan tepat. Perencanaan bisa dilakukan dengan memprediksi beban listrik untuk memberikan informasi kepada PLN.

Dalam prediksi beban listrik, banyak metode yang bisa digunakan. Salah satu cara yang bisa digunakan adalah menggunakan metode regresi linier. Dimana metode ini mendapatkan hasil yang lebih akurat dibandingkan metode lainnya untuk peramalan beban listrik dari 2016 - 2025 di Sumatera Selatan. Dari hasil prediksi dapat diketahui pembangkit yang ada sudah mencukupi kebutuhan atau perlu diadakan penambahan pembangkit lagi. (Hakimah, Y, 2019)

2.6 Material Komposit

Material komposit adalah material yang terbuat dari dua bahan atau lebih yang tetap terpisah dan berbeda dalam level makroskopik selagi membentuk komponen tunggal sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Komposit bersifat heterogen dalam skala makroskopik. Pada umumnya bahan komposit adalah kombinasi antara dua atau lebih dari tiga bahan yang memiliki sejumlah sifat yang tidak mungkin dimiliki oleh masing-masing komponennya, yang akan menghasilkan sifat material yang mempunyai sifat lebih baik dari material-material sebelumnya. Komposit merupakan gabungan atau kombinasi dari dua atau lebih material yang berbeda menjadi bentuk struktur unit makroskopik yang akan menghasilkan sifat material yang mempunyai sifat lebih baik dari material-material penyusunnya. Kombinasi biasanya didapat dengan bahan polimer, logam dan keramik.

Bahan penyusun komposit tersebut masing-masing memiliki sifat yang berbeda dan ketika digabungkan dalam komposisi tertentu terbentuk sifat-sifat baru yang disesuaikan dengan keinginan. Komposit pada dunia industri merupakan campuran antara polimer (bahan makromolekul dengan ukuran besar yang

diturunkan dari minyak bumi ataupun bahan alam lainnya seperti karet dan serat). Dapat dikatakan bahwa komposit adalah gabungan antara bahan matrik atau pengikat yang diperkuat. Bahan material terdiri dari dua bahan penyusun, yaitu bahan utama sebagai pengikat dan bahan pendukung sebagai penguat. Bahan penguat dapat dibentuk serat, partikel, serpihan atau dapat berbentuk yang lain.

2.7.1 Klasifikasi Material Komposit.

Material komposit terdiri dari unsur-unsur penyusun dan komponen dapat berupa unsur organik, anorganik ataupun metalik dalam bentuk serat, partikel serbuk dan lapisan. Secara garis besar komposit diklasifikasikan menjadi tiga macam yaitu : (Kreleven, 1994)

1. Komposit Serat (*Fiber composite*)

Komposit serat merupakan jenis komposit yang menggunakan serat sebagai penguat atau komposit yang terdiri dari fiber dan matriks sebagai pengikat. Komposit yang terdiri dari satu lamina atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat atau fiber. Serat yang digunakan biasanya berupa serat gelas, serat karbon, serat aramid dan sebagainya. Serat ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman. Peningkatan kekuatan menjadi tujuan utama, komponen penguat harus mempunyai rasio aspek yang besar, yaitu rasio panjang terhadap diameter harus tinggi agar bisa ditransfer melewati titik dimana mungkin terjadi perpatahan.

Serat dalam bahan komposit berperan sebagai bahan utama yang menahan beban, sehingga besar kecilnya kekuatan bahan komposit sangat tergantung dari kekuatan serat pembentuknya. Semakin kecil bahan atau diameter serat yang mendekati kristal, maka semakin kuat bahan tersebut karena minimnya cacat pada material. Serat (fiber) adalah suatu jenis bahan berupa potongan-potongan komponen yang akan membentuk jaringan memanjang yang utuh. (Alfazar, M. V. (2020)).

2. Struktur komposit (*Structute composite*)

Komposit struktural merupakan sruktur yang terdiri dari dua material atau lebih dengan sifat yang berbeda dan membentuk satu kesatuan sehingga menghasilkan sifat gabungan yang lebih baik.

2.7.2 Defenisi komposit.

a. Tingkat Dasar

Pada molekul tunggal dan kisi kristal, bila material yang disusun dari dua atom atau lebih disebut komposit (contoh senyawa, paduan, polymer dan keramik).

b. Mikrostruktur.

Pada kristal, phase dan senyawa, bila material disusun dari dua phase atau senyawa atau lebih disebut komposit (contoh paduan Fe dan C).

c. Makrostruktur.

Material yang disusun dari campuran dua atau lebih penyusun makro yang berbeda dalam bentuk dan/atau komposisi dan tidak larut satu dengan yang lain disebut material komposit (definisi secara makro ini yang biasa dipakai)

2.7.3 Penyusun Komposit

Komposit pada umumnya terdiri dari 2 fasa:

1. Matriks

Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Matriks berfungsi sebagai berikut:

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

2. *Reinforcement* atau *Filler* atau *Fiber*

Salah satu bagian utama dari komposit adalah reinforcement (penguat) yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit. Adanya dua penyusun komposit atau lebih menimbulkan beberapa daerah dan istilah penyebutannya; Matrik (penyusun dengan fraksi volume terbesar), Penguat (Penahan beban utama), Interphase (pelekat antar dua penyusun), interface (permukaan phase yang berbatasan dengan phase lain). Secara struktur mikro material komposit tidak merubah material pembentuknya (dalam orde kristalin) tetapi secara keseluruhan material komposit berbeda dengan material pembentuknya karena terjadi ikatan antar permukaan antara matriks dan filler.

2.7.4 Klarifikasi Komposit

Berdasarkan matrik, komposit dapat diklasifikasikan kedalam tiga kelompok besar yaitu:

1. Komposit Matrik Polimer (*Polymer Matrix Composites* material komposit serat pendek – PMC). Komposit ini bersifat:
 2. Biaya pembuatan lebih rendah.
 3. Dapat dibuat dengan produksi massal.
 4. Ketangguhan baik.
 5. Tahan simpan.
 6. Siklus pabrikan dapat dipersingkat.
 7. Kemampuan mengikuti bentuk.
 8. Lebih ringan.

Keuntungan dari PMC:

1. Ringan
2. *Specific stiffness* tinggi.
3. *Specific strength* tinggi.

Jenis - jenis Polimer olimer yang sering digunakan :

1. *Thermoplastic*

Thermoplastic adalah plastik yang dapat dilunakkan berulang kali (*recycle*) dengan menggunakan panas. Thermoplastik merupakan polimer yang akan menjadi keras apabila didinginkan. Thermoplastik meleleh pada suhu tertentu, melekat

mengikuti perubahan suhu dan mempunyai sifat dapat balik (*reversibel*) kepada sifat aslinya, yaitu kembali mengeras bila didinginkan. Contoh dari thermoplastic yaitu *Poliester, Nylon 66, PP, PTFE, PET, Polieter sulfon, PES, dan Polieter eterketon (PEEK)*.

2. *Thermoset*

Thermoset tidak dapat mengikuti perubahan suhu (*irreversibel*). Bila sekali pengerasan telah terjadi maka bahan tidak dapat dilunakkan kembali. Pemanasan yang tinggi tidak akan melunakkan termoset melainkan akan membentuk arang dan terurai karena sifatnya yang demikian sering digunakan sebagai tutup ketel, seperti jenis-jenis melamin. Plastik jenis Thermoset tidak begitu menarik dalam proses daur ulang karena selain sulit penanganannya juga volumenya jauh lebih sedikit (sekitar 10%) dari volume jenis plastik yang bersifat termoplastik. Contoh dari *Thermoset* yaitu Epoksida, Bismaleimida (BMI), dan Poli-imida (PI).

2.7 **Resistivity**

Resistivity adalah sifat intrinsik suatu material untuk menghambat aliran arus listrik. Ini merupakan ukuran dari seberapa baik atau seberapa buruk suatu material mengizinkan aliran listrik. Resistivity diukur dalam satuan ohm-meter ($\Omega \cdot m$) Semakin tinggi nilai resistivity suatu material, semakin sulit bagi material tersebut untuk menghantarkan arus listrik. Resistivity diperhitungkan dalam hubungannya dengan panjang dan luas penampang dari bahan tersebut untuk menghitung resistansi suatu objek. *Resistivity*(p) adalah sifat material yang mencakup beberapa faktor. Dalam perhitungan resistansi (R) suatu objek, resistivity melibatkan beberapa parameter sebagai berikut:

1. Panjang (L)

Resistansi suatu objek secara langsung proporsional dengan panjangnya. Semakin panjang objek, semakin besar resistansinya.

2. Luas Penampang (A)

Resistansi invers proporsional dengan luas penampang. Semakin besar luas penampangnya, semakin rendah resistansinya.

Rumus resistansi invers (R) dengan resistivity (ρ), panjang (L), dan luas penampang (A) adalah:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

Jadi, bagian-bagian resistivity melibatkan parameter-parameter ini yang bersama-sama memengaruhi resistansi suatu objek.

2.8 Pengaruh Distribusi Partikel Terhadap Kekonduksian Listrik (KE)

Distribusi partikel dalam suatu bahan dapat mempengaruhi kekonduksian listrik. Semakin merata distribusi partikel pembawa muatan (seperti elektron atau ion) dalam bahan konduktif, semakin baik bahan tersebut menghantarkan listrik. Distribusi yang merata memungkinkan muatan untuk bergerak dengan lebih efisien melalui bahan.

Sebaliknya, jika distribusi partikel tidak merata, mungkin ada hambatan bagi pergerakan muatan listrik. Contohnya, impurities atau ketidaksempurnaan dalam distribusi partikel dapat menghambat aliran listrik. Oleh karena itu,

pemahaman tentang distribusi partikel dalam suatu material dapat membantu menjelaskan sifat konduktivitas listriknya.

Distribusi partikel dalam suatu bahan mencakup beberapa aspek utama:

1. Jenis Partikel

Bahan bisa terdiri dari berbagai jenis partikel, seperti elektron, proton, ion, atau molekul. Distribusi jenis partikel ini dapat memengaruhi konduktivitas listrik.

2. Ukuran Partikel

Ukuran partikel dalam suatu bahan juga penting. Partikel yang sangat kecil atau besar dapat mempengaruhi pergerakan muatan listrik. Misalnya, dalam konduktor, elektron bebas bergerak antar atom.

3. Kepadatan Partikel

Kepadatan partikel merujuk pada jumlah partikel per satuan volume. Semakin tinggi kepadatan partikel, semakin baik kemampuan bahan untuk menghantarkan listrik.

4. Distribusi Ruang

Bagaimana partikel terdistribusi dalam ruang tiga dimensi juga penting. Distribusi yang merata dapat meningkatkan konduktivitas, sementara kluster atau ketidakrataan dapat menghambat aliran muatan.

5. Muatan Partikel

Sifat muatan partikel, seperti muatan positif atau negatif, juga memainkan peran dalam konduktivitas listrik. Elektron sebagai pembawa muatan negatif sering kali memainkan peran penting dalam konduktivitas elektrik. Muatan positif sering kali memainkan peran penting dalam konduktivitas elektrik.

Memahami kombinasi dan distribusi karakteristik ini membantu menjelaskan sifat konduktivitas listrik suatu material.

2.9 Plat Dwi Kutub

Plat dwi kutub pada jandel four point probe merupakan elemen kunci dari alat pengukuran tersebut yang digunakan untuk mengukur resistivitas listrik dan ketebalan sampel semikonduktor dan konduktor. Plat ini biasanya terbuat dari logam yang konduktif seperti tembaga atau platina. Dwi kutub mengacu pada fakta bahwa terdapat dua pasang kontak pada plat tersebut. Pasangan kontak pertama digunakan untuk menyuntikkan arus listrik ke dalam sampel, sedangkan pasangan kontak kedua digunakan untuk mengukur tegangan yang terjadi pada sampel. Konfigurasi dua pasang kontak ini memungkinkan pengukuran resistivitas yang akurat dengan mengurangi efek resistansi kontak.

Plat dwikutub adalah salah satu bahagian utama pada teknologi sel bahanapi dengan kelebihan sifat kekonduksian elektrik dan mekanik yang tinggi. Pengacuan suntikan adalah salah satu kaedah pembuatan yang digunakan dalam pembuatan plat dwikutub. Pembebanan serbuk genting dan sifat reologi bahan suapan adalah faktor penting dalam proses pengacuan suntikan semasa proses pembuatan plat dwikutub. Pembebanan serbuk genting bahan suapan dengan campuran polipropilina dan grafit telah pun dijalankan dengan kaedah ujian nilai tork. Pembebanan serbuk genting yang sesuai menggunakan bahan suapan grafit telah dihasilkan dengan komposisi 75 % berat yang merupakan beban optimum dan 25 % berat polipropilena. Kajian reologi juga telah dijalankan menggunakan ujian rerambut bagi menentukan beban serbuk genting dengan peningkatan nilai kelikatan bahan suapan. Keputusan ujian sifat reologi didapati bahawa bahan

suapan dengan beban serbuk optimal mempamerkan sifat pseudoplastik yang sesuai bagi proses pengacuanan suntikan dengan nilai n kurang daripada 1 (Dwikutub,A.P,2016)

Proses pengukuran dengan menggunakan plat dwi kutub pada jandel four point probe dimulai dengan menyuntikkan arus listrik melalui dua kontak pertama. Arus ini mengalir melalui sampel dan menciptakan gradien potensial di dalamnya. Kemudian, dua kontak yang tersisa digunakan untuk mengukur tegangan pada dua titik yang terpisah dari pasangan kontak penyuntikan arus.

Dengan mengukur tegangan pada dua titik yang terpisah, alat ini dapat menghitung resistivitas sampel dengan menggunakan hukum Ohm. Dengan mempertimbangkan geometri probe dan sifat-sifat listrik sampel, resistivitas dan ketebalan sampel dapat dihitung dengan presisi yang tinggi.

komponen penting dalam sistem pengukuran resistivitas listrik bahan semikonduktor atau konduktor. Desain ini memungkinkan pengukuran resistivitas yang akurat dan presisi tanpa terpengaruh oleh resistansi kontak. Plat kwi kutub dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. 2. Plat Dwi Kutub

Fungsi Utama: Plat dwi kutub bertindak sebagai sumber arus dan pemindai tegangan dalam sistem four point probe. Ini memungkinkan pengukuran resistivitas bahan tanpa memperhitungkan efek resistansi kontak, yang sering kali menjadi kendala dalam pengukuran konvensional.

2.10 Metode Pengukuran Resistivity

Metode pengukuran resistivity adalah teknik yang digunakan untuk mengukur resistivitas (tahanan jenis) suatu material atau formasi bawah permukaan tanah. Metode geolistrik resistivity dan chargeability IP merupakan metode aktif yang menginjeksikan arus ke bawah permukaan untuk mengetahui model litologi bawah permukaan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan nilai resistivity dan chargeability IP metode geolistrik hasil simulasi dan untuk pemilihan konfigurasi elektroda yang akurat dari 3 (tiga) konfigurasi elektroda geolistrik simulasi. (Raivel, R., Noor, M. K., Hasan, H., & Imran, A, 2023)

Prinsip Dasar Pengukuran Resistivity

Prinsip utama metode pengukuran resistivity adalah dengan memperbesar jarak antara elektroda arus dan elektroda potensial secara bertahap, sehingga memungkinkan untuk mendapatkan informasi resistivitas pada kedalaman yang berbeda-beda.

- a. Elektroda Arus: Dua elektroda digunakan untuk menyuntikkan arus Listrik ke dalam tanah.
- b. Elektroda potensial: Dua elektroda lainnya mengukur perbedaan potensial (tegangan) yang dihasilkan oleh aliran arus.

c. Pengukuran: Dalam metode ini, jarak antara elektroda diperpanjang (diulur) secara bertahap untuk menjangkau lapisan bawah permukaan yang lebih dalam. Semakin besar jarak antar elektroda, semakin dalam jangkauan pengukuran resistivitasnya.

Tahapan Metode Pengukuran Resistivity

1. Penempatan elektroda : Empat elektroda dipasang di permukaan tanah dengan konfigurasi tertentu seperti wenner atau Schlumberger
2. Pengukuran Elektrode: Jarak antara elektroda secara bertahap diperbesar untuk memperoleh informasi dari lapisan yang lebih dalam.
3. Pengukuran resistivitas: Setiap kali elektroda diulur, arus listrik disuntikkan, dan perbedaan potensial potensial diukur. Resistivitas semu dihitung berdasarkan arus, tegangan, serta jarak antar elektroda
4. Interpretasi Data: Data resistivitas semu diolah menjadi gambaran yang menunjukkan perbedaan lapisan tanah atau batuan.

Konfigurasi Elektroda yang umum Digunakan

- a. Wenner Configuration: Jarak antara semua elektroda sama (C1-P1-P2-C2). Setiap kali diulur, semua elektroda digeser bersamaan.
- b. Schulumberger Configuration: Elektroda arus (C1 dan C2) dipindahkan lebih jauh, sedangkan elektroda potensial (CP dan P2) tetap di tempat yang sama atau hanya digeser sedikit. Konfigurasi ini lebih sensitif terhadap kedalaman yang lebih dalam dengan sedikit pergerakan elektroda.

2.11 Metode Optimasi Taguchi

Pendekatan yang digunakan dalam rekayasa kualitas untuk meningkatkan proses produksi dan desain produk. Metode ini dikembangkan (Genichi Taguchi 2012) dan bertujuan untuk membuat produk atau proses yang lebih tahan terhadap variasi eksternal dan internal, serta mengurangi biaya produksi dengan meningkatkan kualitas.

Dasar-dasar metode Taguchi

a. Konsep Dasar Metode Taguchi

Konsep utamanya adalah untuk mencapai kinerja yang konsisten (robust) terhadap faktor-faktor yang dapat menyebabkan variasi, baik itu dalam proses manufaktur atau dalam produk akhir. Metode Taguchi memperkenalkan pendekatan statistik dalam merancang eksperimen dan meminimalkan ketidakpastian dengan mempertimbangkan variasi yang disebabkan oleh faktor-faktor pengganggu atau noise. Tujuan utama dari metode taguchi adalah untuk menciptakan produk atau proses yang andal dan konsisten, bahkan ketika terjadi variasi dalam faktor-faktor produksi atau lingkungan.

b. Pengertian Variabel Kontrol, Variabel Noise, dan Respons

Variabel Kontrol adalah faktor-faktor yang dapat diatur atau dimanipulasi oleh insinyur atau operator untuk mempengaruhi hasil proses atau produk. Contohnya bisa berupa suhu, tekanan, kecepatan, bahan baku, atau parameter lain yang dapat diubah dalam proses produksi.

Variabel Noise (Gangguan) ini adalah faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan secara langsung dan cenderung menyebabkan variasi dalam hasil

produksi. Variabel noise sering kali merupakan faktor blingklungan atau proses yang sulit dikendalikan sepenuhnya. Contoh termasuk fluktuasi suhu lingkungan, perubahan kelembaban, atau ketidakstabilan mesin produksi.

Respons adalah ukuran atau hasil dari proses atau produk yang sedang dianalisis. Ini bisa berupa dimensi, kekuatan, kualitas, atau karakteristik lain dari produk yang diproduksi. Dalam konteks eksperimen Taguchi, respons ini adalah variabel yang ingin dioptimalkan atau ditingkatkan.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian

Tempat penelitian dilaksanakan di Jl. Sultang Serdang Dusun II Desa Sena, Gg. Ikhlas, Kec. Batang Kuis, Deli Serdang, Sumatra Utara dan jadwal penelitian dapat dilihat pada tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 3. 1. Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Tahun 2024												Tahun 2025							
		Maret			April				Mei					Januari				februari			
		2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	Pengajuan Judul																				
2	Penulisan Proposal																				
3	Seminar Proposal																				
4	Proses Penelitian																				
5	Pengolahan Data																				
6	Penyelesaian Laporan																				
7	Seminar hasil																				
8	Evaluasi dan Persiapan Sidang																				
9	Sidang Sarjana																				

3.2 Bahan Dan Alat

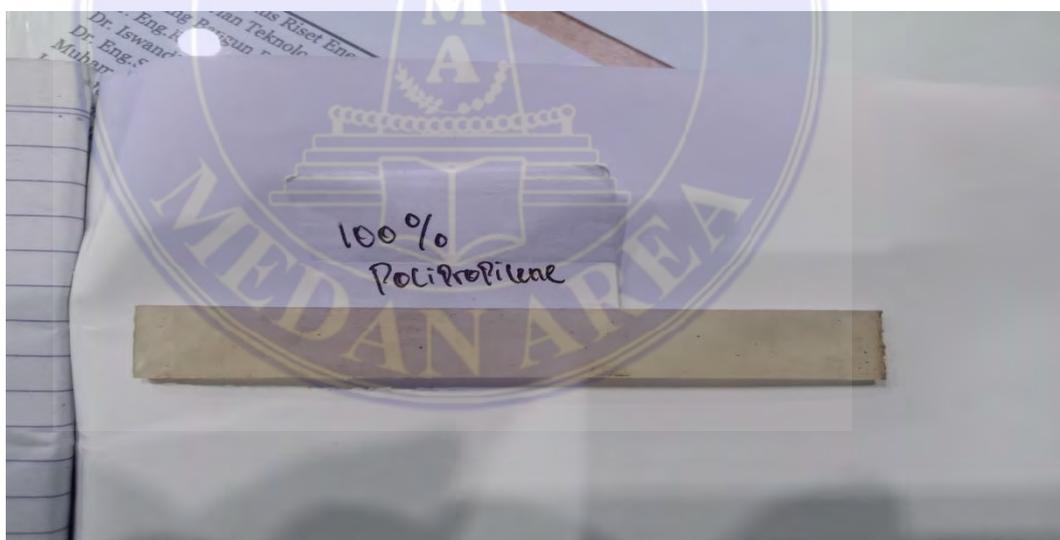
Alat dan bahan yang dipergunakan dalam proses penelitian ini disesuaikan dengan kebutuhan penyelidikan pengukuran resistansi lembaran.

3.2.1 Bahan

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam proses penelitian ini sebagai berikut.

1. Polypropylene

Polypropylene (PP) adalah sebuah polimer termo-plastik yang dibuat oleh industri kimia dan digunakan dalam berbagai aplikasi, diantaranya pengemasan, tekstil (contohnya tali, pakaian dalam termal, dan karpet), alat tulis, berbagai tipe wadah terpakaikan ulang serta bagian plastik. *Polypropylene*. Berbagai usaha telah dilakukan untuk mengurangi limbah plastik. Salah satu usaha tersebut adalah mengkonversi limbah plastik menjadi sumber energi. (Siti Naimah, 2018) Dapat diperlihatkan pada gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3. 1. Sampel Polypropylane 100%

Spesifikasi:

a. Karakteristik fisik

1. Densitas yaitu 0,90-0,91 g/ cm³
2. Titik lebur sekitar 160-170°C

b. Sifat mekanis

1. Kekuatan Tarik sekitar 30 – 50 Mpa
2. Elastisitas baik, tetapi tidak sekuat polistiren
3. Ketahanan terhadap benturan cukup baik terutama pada suhu tinggi.

c. Sifat kimia

1. Ketahanan terhadap pelarut baik terhadap pelarut organik, tetapi rentan terhadap oksidasi dan beberapa pelarut polar
2. Ketahanan terhadap suhu stabil pada suhu rendah hingga 100°C, tetapi dapat terdegradasi.

Jenis:

1. Polipropilena Homopolimer (PP-H)

a. Karakteristik Tersusun dari satu jenis unit monomer, memiliki kekuatan mekanik yang baik dan ketahanan kimia yang tinggi.

b. Aplikasi yaitu digunakan pada Kemasan, pipa, dan barang-barang rumah tangga.

2. Polipropilena Kopolimer (PP-R)

a. Karakteristik Mengandung dua atau lebih jenis monomer, biasanya lebih fleksibel dan tahan benturan dibandingkan homopolimer.

b. Aplikasi Pipa air, komponen otomotif, dan barang-barang plastik fleksibel.

3. Polipropilena Kristal (PP-C)
 - a. Karakteristik memiliki struktur kristalin yang lebih tinggi, memberikan ketahanan terhadap suhu dan kekuatan mekanik yang lebih baik.
 - b. Aplikasi Produk yang memerlukan ketahanan suhu tinggi, seperti wadah dan komponen mesin.
2. Karbon Aktif

Karbon aktif adalah adalah zat yang memiliki kemampuan menyerap. Kemampuan penyerapannya yang tinggi membuat karbon aktif dapat digunakan untuk mengatasi keracunan atau kelebihan gas di saluran pencernaan. Luas permukaan spesifik yang tinggi, porositas, volume pori sub-nanometer (<1 nm) dan supra-na. (Romanos, J., Beckner, M.,2011).Karbon aktif digunakan dalam penelitian ini diperlihatkan pada gambar 3.2



Gambar 3. 2. Karbon Aktif

Spesifikasi :

1. Luas permukaan biasanya anantara 500- 1500 m²/g , tergantung bahan baku dan proses pembuatannya.
2. Ukuran pori
 - a. Mikropori: Diameter kurang dari 2 nanometer. Efektif untuk menyerap molekul yang lebih besar.

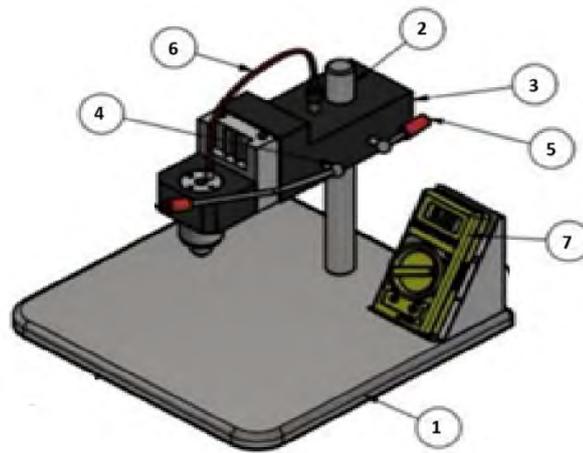
- b. Mesopori : Diameter lebih dari 50 nanometer. Baik untuk cairan atau zat yang memiliki partikel lebih besar.
3. Kadar abu yaitu karbon aktif dengan kadar abu rendah lebih disukai karena memiliki daya serap yang lebih tinggi.
4. Kelembapan yaitu umumnya kadar air atau kelembapan karbon aktif sekitar 5-10 %. Tingkat kelembapan yang lebih rendah biasanya lebih baik untuk daya serap.

Jenis-jenis karbon aktif

1. Karbon aktif dari tempurung kelapa jenis ini memiliki mikropori yang sangat baik sehingga efektif untuk menyerap zat dengan ukuran molekul kecil. Banyak digunakan dalam penyaringan air dan pemurnian udara.
2. Karbon aktif dari batu bara biasanya lebih banyak mengandung mesopori sehingga cocok untuk pemurnian cairan dan gas dengan molekul lebih besar.
3. Karbon aktif dari kayu memiliki campuran pori yang lebih bervariasi dan digunakan dalam aplikasi yang lebih umum.

3.2.2 Alat

Adapun komponen dalam mesin kekonduksian listrik dapat dilihat pada gambar 3.3 sebagai berikut:



Gambar 3. 3. Kekonduksian Listrik

Keterangan:

1. Base

Base atas merupakan tempat duduk specimen yang akan di uji. Base atas menggunakan bahan aluminium alloy dengan dimensi 250 x 250 x 12 mm.

2. Besi AS

Poros pada alat uji kekondusian listrik berfungsi sebagai penopang body alat uji. Poros pada alat uji ini menggunakan bahan baja ST 37 dengan dimensi \varnothing 20 mm dengan panjang 200 mm

3. Body Alat

Body alat alat uji kekondusian listrik ini berfungsi sebagai tempat alat ukur four point probe. Body alat ini menggunakan bahan plastik PP . Body alat berbentuk persegi panjang yang berukuran 120mm x 60mm

4. Rear clamp screw

Rear clamp screw berfungsi untuk menurunkan dan menaikkan alat ukur dari body alat

5. Bar clamp

Bar clamp berfungsi untuk mengunci body agar stabil

6. Probe head slide

Probe head slide berfungsi untuk mengukur nilai resistansi suatu lapisan bahan.

7. Multitester

Multitester berfungsi untuk membaca hasil ukuran hambatan, tegangan listrik dan arus listrik.

Alat uji konduktivitas listrik yang dirancang ini mampu mengukur kemampuan arus listrik yang terdapat pada permukaan benda yang akan uji. Pada umumnya karena alat yang dirancang ini untuk mencari nilai konduktivitas maka alat ini memiliki satuan SI yaitu Siemens per meter (S/m).

Alat uji konduktivitas listrik ini dirancang dengan prinsip kerja mengukur kemampuan suatu bahan untuk menghantarkan arus listrik. Alat yang dirancang ini menggunakan metode four point probe. Dimana dalam metode ini, empat probe (titik kontak) diletakkan secara linier pada permukaan sampel yang akan di uji. Dua probe terluar digunakan untuk mengalirkan arus (I) melalui sampel dan dua probe dibagian dalam digunakan untuk mengukur tegangan (V) yang dihasilkan diantara mereka.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh komposisi karbon aktif terhadap kekonduksian listrik pada plat, serta untuk menganalisis sifat listrik lainnya yang dapat mempengaruhi nilai kekonduksian listrik tersebut. Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen dengan desain kuantitatif yang melibatkan

manipulasi variabel tertentu untuk melihat dampaknya terhadap variabel yang diteliti. Secara keseluruhan, penelitian ini berfokus pada pembuatan plat logam dengan variasi komposisi karbon aktif dan pengujian kekonduksian listriknya. Proses pembuatan plat dilakukan dengan mencampurkan karbon aktif ke dalam bahan dasar logam seperti tembaga atau aluminium dalam berbagai persentase, misalnya 5%, 10%, 15%, dan 20%.

Setiap plat yang dihasilkan kemudian akan diuji untuk mengetahui kekonduksian listriknya, serta sifat listrik lain yang terkait, seperti resistivitas dan konduktivitas.

Selain itu, penelitian ini juga akan menganalisis pengaruh parameter lain dalam proses pembuatan plat, seperti suhu dan tekanan, meskipun fokus utama adalah pada pengaruh komposisi karbon aktif. Untuk pengumpulan data, pembuatan plat dilakukan dengan cara mencampur karbon aktif ke dalam bahan logam yang telah dipilih, kemudian dipanaskan dan dicetak menjadi plat dengan ukuran yang seragam. Pengujian kekonduksian listrik dilakukan dengan menggunakan alat pengukur kekonduksian, seperti *four-point probe* atau *ohmmeter*, untuk mengukur resistivitas dan konduktivitas dari setiap sampel plat yang telah dibuat.

Pengukuran ini dilakukan untuk tiap variasi komposisi karbon aktif yang digunakan dalam pembuatan plat. Selain itu, sifat listrik lainnya, seperti kapasitansi dan induktansi, juga akan diuji untuk memberikan gambaran yang lebih lengkap tentang karakteristik material yang dihasilkan. Setelah data diperoleh, analisis dilakukan dengan menggunakan metode statistik untuk menguji apakah terdapat

hubungan signifikan antara komposisi karbon aktif dan nilai kekonduksian listrik pada plat. Untuk itu, analisis deskriptif digunakan untuk menggambarkan distribusi data dan perbedaan nilai kekonduksian listrik antar variasi komposisi karbon aktif. Selanjutnya, uji ANOVA (analisis varian) dilakukan untuk menguji apakah perbedaan kekonduksian listrik antara kelompok yang diuji adalah signifikan secara statistik. Selain itu, analisis regresi linier juga akan digunakan untuk mengeksplorasi seberapa besar pengaruh komposisi karbon aktif terhadap kekonduksian listrik plat. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan tentang bagaimana komposisi karbon aktif mempengaruhi kekonduksian listrik pada plat logam, serta memberikan informasi mengenai sifat listrik lainnya yang dapat berperan dalam meningkatkan kualitas material konduktif. Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat menjadi acuan dalam pengembangan material konduktor yang lebih efisien dan aplikatif, baik di industri elektronika, material konduktif, maupun dalam pengembangan teknologi lainnya.

3.4 Populasi dan Sampel

Penulis memvariasikan 1 spesimen dalam pengujian dengan komposisi yang berbeda. Masing-masing komposisi mempunyai spesimen. Komposisi ini meliputi 75 % plastik PP (polypropylene) karbon aktif (KA) 25 %. Berikut 3.2 data dari 3 spesimen pengujian:

Tabel 3. 2. Populasi dan Sampel

NO	Plastik PP (Polypropylene)	Karbon aktif (KA)
1	100 %	0%
2	90%	10 %

NO	Plastik PP (<i>Polypropylene</i>)	Karbon aktif (KA)
3	70 %	30 %

3.5 Prosedur kerja

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh komposisi karbon aktif terhadap kekonduksian listrik pada plat logam, serta menganalisis sifat-sifat listrik lain yang mungkin mempengaruhi nilai kekonduksian listrik tersebut. Prosedur kerja yang diterapkan dalam penelitian ini melibatkan beberapa tahap yang mencakup pembuatan sampel plat, pengujian kekonduksian listrik, serta analisis data yang diperoleh dari hasil eksperimen.

Tahap pertama dalam prosedur kerja ini adalah persiapan bahan-bahan yang diperlukan untuk pembuatan sampel plat. Bahan dasar yang digunakan untuk pembuatan plat adalah logam tembaga atau aluminium yang memiliki konduktivitas listrik yang cukup tinggi. Karbon aktif dipilih sebagai material tambahan yang akan dicampurkan dengan bahan dasar logam. Karbon aktif digunakan karena kemampuannya untuk mempengaruhi konduktivitas listrik material. Berbagai komposisi karbon aktif disiapkan untuk percobaan ini, yang terdiri dari empat variasi, yakni 5%, 10%, 15%, dan 20% karbon aktif yang dicampurkan dengan bahan dasar logam. Setelah bahan-bahan disiapkan, langkah selanjutnya adalah proses pembuatan plat logam.

Pencampuran karbon aktif dengan logam dilakukan secara homogen melalui pemanasan dan pencetakan. Proses ini dilakukan dalam furnace atau alat pemanas

dengan suhu yang terkontrol untuk memastikan bahwa campuran karbon aktif dan logam dapat tercampur dengan baik dan menjadi plat yang seragam. Proses pemanasan dilakukan dalam waktu tertentu untuk memastikan bahwa sifat fisik dan kimia dari material yang dihasilkan sesuai dengan yang diinginkan. Setelah dicetak dan didinginkan, plat yang dihasilkan siap untuk diuji. Setelah plat selesai dibuat, langkah berikutnya adalah pengujian kekonduksian listrik dari masing-masing plat yang telah disiapkan. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat pengukur kekonduksian listrik, seperti four-point probe atau alat pengukur resistansi (ohmmeter). Setiap sampel plat diuji untuk mengukur nilai resistivitas dan konduktivitasnya pada kondisi standar, seperti suhu ruangan. Dalam pengujian ini, pengukuran dilakukan pada setiap sampel dengan berbagai komposisi karbon aktif (5%, 10%, 15%, dan 20%) untuk membandingkan hasil kekonduksian listrik antara sampel dengan komposisi yang berbeda.

Selain pengujian kekonduksian listrik, sifat-sifat listrik lainnya, seperti kapasitansi dan induktansi, juga diuji menggunakan alat yang sesuai, seperti LCR meter. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran yang lebih komprehensif mengenai karakteristik listrik material yang diuji. Hasil dari pengujian kekonduksian listrik dan sifat listrik lainnya dicatat secara teliti untuk setiap variasi komposisi karbon aktif yang digunakan. Setelah pengujian selesai, langkah berikutnya adalah analisis data. Data yang diperoleh dari pengujian kekonduksian listrik dan sifat listrik lainnya akan dianalisis secara statistik. Pertama, analisis deskriptif digunakan untuk menggambarkan distribusi data dan perbedaan nilai kekonduksian listrik pada berbagai variasi komposisi karbon aktif. Selanjutnya, untuk menguji apakah terdapat pengaruh signifikan dari komposisi karbon aktif

terhadap kekonduksian listrik, analisis varian (ANOVA) dilakukan. Uji ANOVA digunakan untuk membandingkan rata-rata nilai kekonduksian listrik antar kelompok sampel dengan komposisi karbon aktif yang berbeda, dan untuk menentukan apakah perbedaan tersebut bersifat signifikan secara statistik. Selain itu, analisis regresi linier digunakan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh komposisi karbon aktif terhadap nilai kekonduksian listrik. Model regresi ini akan memberikan informasi mengenai hubungan matematis antara komposisi karbon aktif dan kekonduksian listrik, serta membantu menjelaskan sejauh mana karbon aktif mempengaruhi sifat listrik plat logam. Akhirnya, berdasarkan hasil analisis data, kesimpulan akan ditarik mengenai pengaruh komposisi karbon aktif terhadap kekonduksian listrik plat logam.

Kesimpulan ini akan memberikan informasi yang berguna mengenai potensi penggunaan karbon aktif dalam meningkatkan sifat konduktif material, serta kontribusi penelitian ini dalam pengembangan material dengan kekonduksian listrik yang lebih baik untuk aplikasi industri. Prosedur kerja penelitian ini dirancang untuk memastikan bahwa setiap tahap dapat dilaksanakan dengan baik, mulai dari pembuatan sampel hingga analisis data, untuk memperoleh hasil yang valid dan dapat dipertanggungjawabkan.

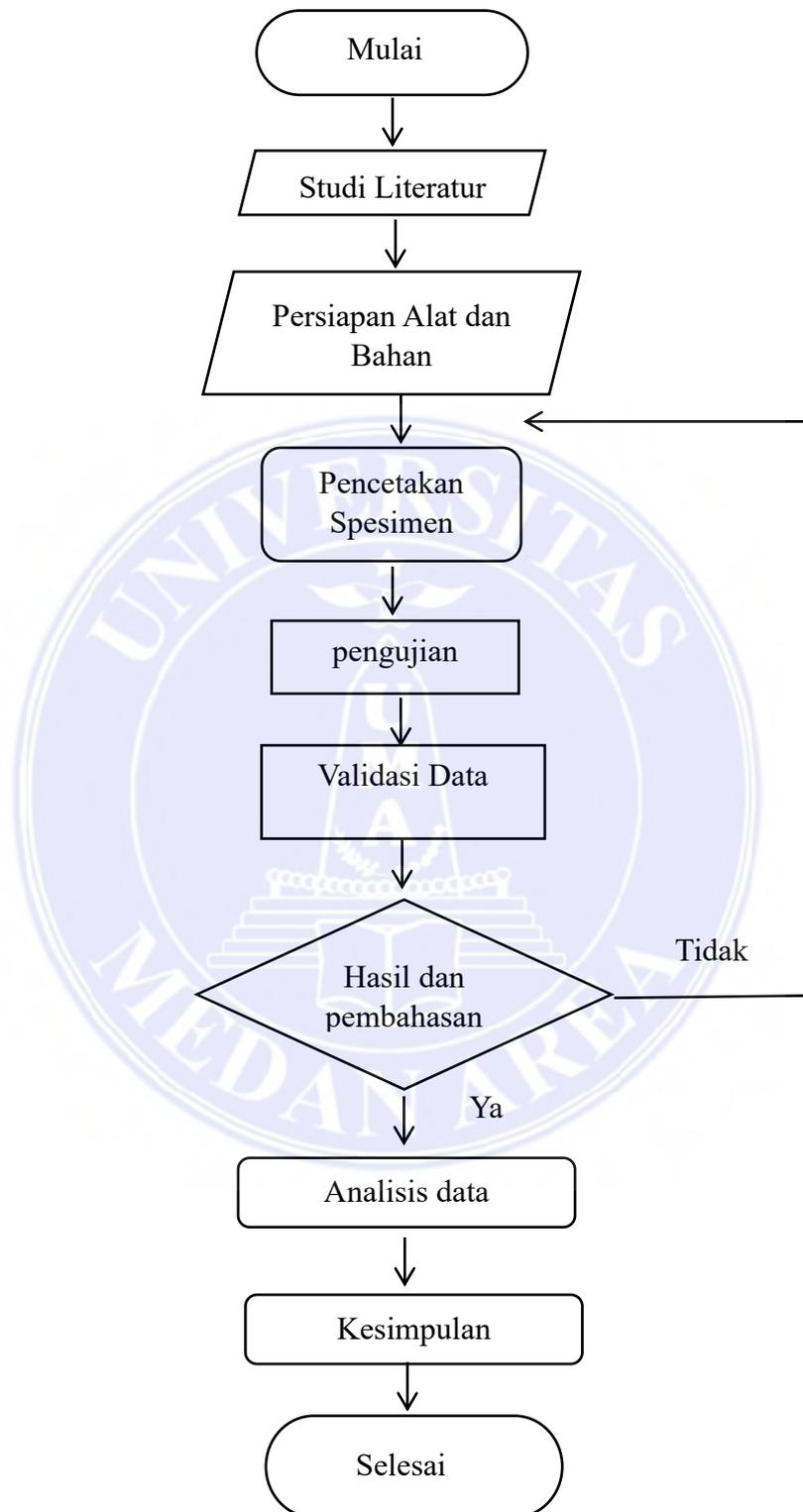
3.6. Tahapan Pengujian Resistivitas

1. persiapan alat dan sampel
2. penempatan probe
3. meletakkan sampel pada jarum four point probe

4. melakukan pengukuran pada sampel
5. perhitungan resistivitas
6. pengolahan data



3.5.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 4. Diagram Alir Penelitian

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Dari penelitian ini didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Dari data tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa sampel dengan bahan (PP 100 % dan KA 0 %) memiliki nilai resistansi paling besar diantara 3 sampel tersebut dan sampel dengan bahan (PP 70 % dan KA 30 %) memiliki nilai resistansi paling kecil. Jadi dapat ditarik kesimpulan bahwa sampel (PP 70 % dan KA 30%) adalah yang terbaik untuk menghantarkan listrik karena semakin besar resistansi suatu bahan maka arus yang mengalir akan semakin kecil dan sebaliknya jika semakin kecil resistansi suatu bahan maka arus yang mengalir akan semakin besar.
2. Berdasarkan analisis parameter proses pembuatan plat terhadap kekonduksian listrik dapat disimpulkan bahwa proses pembuatan plat, seperti pemanasan, pendinginan, dan tekanan memiliki pengaruh signifikan terhadap sifat kekonduksian listrik material tersebut. Variasi dalam parameter seperti suhu dan waktu proses dapat mempengaruhi tingkat kekonduksian listriknya. Plat dengan kualitas pembuatan yang optimal cenderung memiliki kekonduksian listrik yang lebih baik, sehingga cocok digunakan dalam aplikasi yang memerlukan konduktivitas tinggi.

5.2 Saran

Saran yang ingin disampaikan penulis kepada pembaca mengenai penelitian ini adalah disarankan adalah disarankan untuk dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengeksplorasi pengaruh parameter lain, seperti komposisi material atau pengaruh variasi waktu pendinginan terhadap kekonduksian listrik plat.



DAFTAR PUSTAKA

- Agus Pramono, D. (2012). Konduktifitas Listrik Komposit Polimer Polipropilena/Karbon Untuk Aplikasi Pelat Bipolar Fuel Cell. *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, 1(1), 46. <https://doi.org/10.36055/setrum.v1i1.446>
- Winter, M., & Brodd, R. J. (2004). What are batteries, fuel cells, and supercapacitors?. *Chemical reviews*, 104(10), 4245-4270.
- Naimah, S., Nuraeni, C., Rumondang, I., Jati, B. N., & Ermawati, R. (2018). Dekomposisi limbah plastik polypropylene dengan metode pirolisis. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 13(3), 226-229.
- Ma'fur, H., & Widiarsa, F. (2016). Fuel Cell Sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif Pengisi Baterai Dengan Pengendali Panas. *Transmisi*, 12(1), 45–54.
- Mafahir, I. A. (2015). Pengujian Konduktivitas Listrik Material dengan Metode Four Point Probe (FPP). *Pengaruh Suhu Substrat Terhadap Sifat-Sifat Listrik Bahan Semikonduktor Lapisan Tipis Pbs, Pbse, Pbte Hasil Preparasi Dengan Teknik Vakum Evaporasi*. https://www.academia.edu/39145151/laporan_praktikum_material_pengujian_konduktivitas_listrik_material_dengan_metode_four_point_probe_fpp_rheina_as_16_083
- Mulyadi. (2000). *No Title*. Pengertian Material. https://repository.dinamika.ac.id/id/eprint/2127/4/BAB_II.pdf#:~:text=Pe%ngertian%20material%20adalah%20bahan%20baku%20yang%20diolah%20perusahaan,impor%20atau%20pengolahan%20yang%20dilakukan%20sendiri%20Mulyadi%202000%29.
- Romanos, J., Beckner, M., Rash, T., Firlej, L., Kuchta, B., Yu, P., ... & Pfeifer, P. (2011). Nanospace engineering of KOH activated carbon. *Nanotechnology*, 23(1), 015401.
- Alfazar, M. V. (2020). ta: analisa komposit polypropylene high impact (pphi) berpenguat serat alam (nanas) dengan fraksi volume 15% menggunakan metode hand lay-up (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional Bandung).
- Raivel, R., Noor, M. K., Hasan, H., & Imran, A. (2023). Simulasi Metode Geolistrik Resistivity Dan IP Untuk Penentuan Konfigurasi Elektroda Pengukuran Yang Akurat Bijih Mangan Kabupaten Sukabumi Provinsi Jawa Barat. *Mining Science And Technology Journal*, 2(2), 104-117.
- Aguiar, P., Brett, D. J. L., & Brandon, N. P. (2008). Solid oxide fuel cell/gas turbine hybrid system analysis for high-altitude long-endurance unmanned aerial

- vehicles. *International Journal of Hydrogen Energy*, 33(23), 7214-7223.
- Hamdan, H., Tiep, H. S., & Mohd Muhid, M. N. (1996). Rubber-zeolite composite: mechanical properties and conductivity; Komposit getah-zeolit: sifat mekanik dan kekonduksian.
- Hakimah, Y. (2019). Analisis Kebutuhan Energi Listrik Danprediksi Penambahan Pembangkit Listrik Di Sumatera Selatan. *Jurnal Desiminasi Teknologi*, 7(2).
- Dwikutub, A. P. (2016). Critical powder loading and rheological properties of polypropylene/graphite composite feedstock for bipolar plate application. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 20(3), 687-696.
- Geim, A. K., & Novoselov, K. S. (2007). The rise of graphene. *Nature materials*, 6(3), 183-191.
- Qiao, L., Xu, Z. L., Zhao, T. J., Ye, L. H., & Zhang, X. D. (2008). Dkk-1 secreted by mesenchymal stem cells inhibits growth of breast cancer cells via depression of Wnt signalling. *Cancer letters*, 269(1), 67-77.
- Khairizah, A., Noor, I., & Suprpto, A. (2015). Pengaruh gaya kepemimpinan terhadap kinerja karyawan. *Jurnal Administrasi Publik (JAP)*, 3(7), 1268-1272.
- Rani, P., & Jindal, V. K. (2013). Designing band gap of graphene by B and N dopant atoms. *RSC advances*, 3(3), 802-812.
- Iswandi, J. Sahari, and A. B. Sulong, "Effects of Different Particles Sizes of Graphite on the Engineering Properties of Graphites/Polypropylene Composites on Injection Molding Application," *Key Eng. Mater.*, vol. 471–472, pp. 109–114, Feb. 2011, doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.471-472.109.
- Iswandi and Abu Bakar Sulong, "effects of graphite/polypropylene on the electrical conductivity of manufactured bipolar plate," *Malays. J. Anal. Sci.*, vol. 23, no. 2, Apr. 2019, doi: 10.17576/mjas-2019-2302-19.
- Iswandi, Husaini Teuku Abu Bakar, and Jaafar, Sahari, "Critical Powder Loading And Rheological Properties Of Polypropylene/Graphite Composite Feedstock For Bipolar Plate Application," *Malays. J. Anal. Sci.*, vol. 20, no. 3, pp. 687–696, Jun. 2016, doi: 10.17576/mjas-2016-2003-30.
- N. A. Mohd Radzuan, A. B. Sulong, and I. Iswandi, "Effect of Multi-Sized Graphite Filler on the Mechanical Properties and Electrical Conductivity," *JSM*, vol. 50, no. 7, pp. 2025–2034, Jul. 2021, doi: 10.17576/jsm-2021-5007-17.

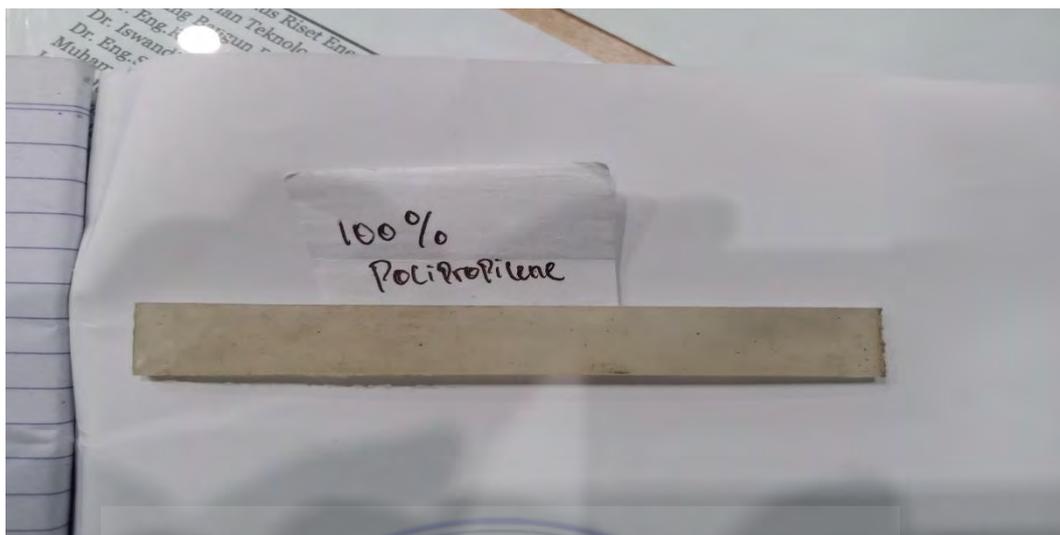
LAMPIRAN



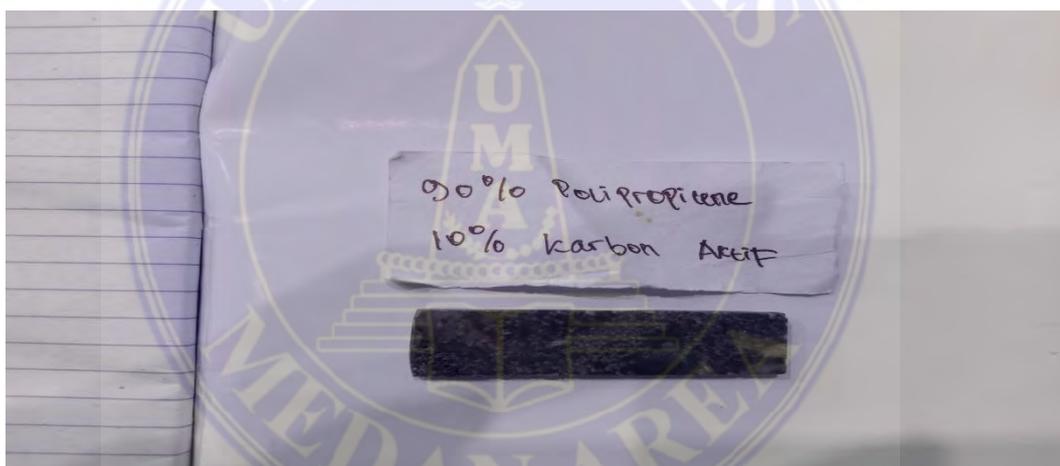
Gambar Lampiran 1: kegiatan pengujian hambatan resistivity



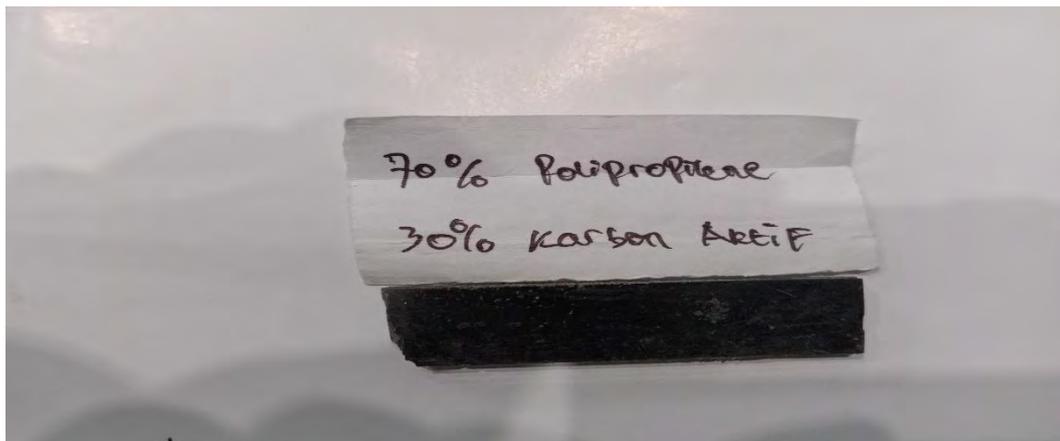
Gambar lampiran 2 : kegiatan pengujian hambatan resistivity



Gambar Lampiran 3 : sampel polypropylene 100 %



Gambar Lampiran 4 : sampel polypropilene 90 % PP, 10 % KA



Gambar Lampiran 5 : sampel polypropilene 70 % PP, 30 % KA

