

**ANALISIS SIFAT LISTRIK SERBUK NANOKOMPOSIT
 Fe_3O_4 /POLYPYRROLE YANG DISINTESIS
DENGAN METODE *SOL GEL***



INDAH JEFIKA NADIANIS

NIM. 18034115/2018

**PROGRAM STUDI FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2022**

**ANALISIS SIFAT LISTRIK SERBUK NANOKOMPOSIT
 Fe_3O_4 /POLYPYRROLE YANG DISINTESIS
DENGAN METODE *SOL GEL***

SKRIPSI

Diajukan sebagai syarat salah satu persyaratan guna memperoleh Gelar

Sarjana Sains



INDAH JEFIKA NADIANIS

NIM. 18034115/2018

**PROGRAM STUDI FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2022**

HALAMAN PERSETUJUAN

PERSETUJUAN SKRIPSI

ANALISIS SIFAT LISTRIK SERBUK NANOKOMPOSIT Fe_3O_4 /POLYPYRROLE YANG DISINTESIS DENGAN METODE SOL GEL

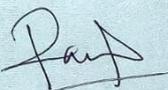
Nama : Indah Jefika Nadianis
NIM : 18034115
Program Studi : Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 18 Agustus 2022

Mengetahui
Kepala Departemen Fisika


Prof. Dr. Ratnawulan, M.Si.
NIP. 196901201993032002

Disetujui Oleh:
Pembimbing


Dr. Ramli S.Pd, M Si
NIP. 197302042001121002

HALAMAN PENGESAHAN

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

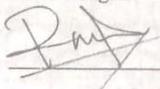
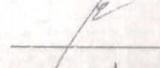
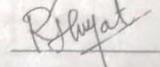
Nama : Indah Jefika Nadianis
NIM : 18034115
Program Studi : Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

ANALISIS SIFAT LISTRIK SERBUK NANOKOMPOSIT Fe_3O_4 / POLYPYRROLE YANG DISINTESIS DENGAN METODE SOL GEL

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi Departemen
Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri
Padang

Padang, 18 Agustus 2022

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Dr. Ramli, M.Si.	1. 
2. Anggota	: Drs. Gusnedi, M.Si.	2. 
3. Anggota	: Rahmat Hidayat, M.Si.	3. 

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Indah Jefika Nadianis

NIM/TM : 18034115/2018

Program Studi : Fisika

Jurusan : Fisika

Fakultas : FMIPA

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi saya dengan judul: "Analisis Sifat Listrik Serbuk Nanokomposit $Fe_3O_4/Polypyrrole$ yang Disintesis dengan Metode Sol Gel" adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di Institusi UNP maupun dimasyarakat dan hukum Negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Saya yang menyatakan,



Indah Jefika Nadianis

NIM. 18034115

ABSTRAK

Indah Jefika Nadianis (2022) : **Analisis Sifat Listrik Serbuk Nanokomposit Fe_3O_4 /Polypyrrole Yang Disintesis Dengan Metode Sol Gel**

Nanokomposit merupakan pencampuran antara nanopartikel (*nanofiller*) ke dalam sebuah material makroskopik (*matriks*). Nanopartikel Fe_3O_4 yang bertindak sebagai filler masih mengalami masalah aglomerisasi karena nanopartikel Fe_3O_4 rentan terhadap oksidasi. Pencegahan aglomerisasi dilakukan dengan pencampuran bahan polimer seperti polypyrrole. Polypyrrole memiliki sifat redoks yang baik, mudah untuk disintesis, konduktivitas tinggi, tidak beracun serta mudah teroksidasi. Dengan sifat tersebut nanopartikel Fe_3O_4 dikompositkan dengan polypyrrole untuk mencapai konduktivitas listrik yang sangat baik dan menghasilkan material yang lebih unggul di bidang nanoteknologi. Sifat listrik dari nanokomposit Fe_3O_4 /Polypyrrole dipengaruhi oleh pemberian variasi komposisi antara Fe_3O_4 dan polypyrrole sehingga dilakukan penelitian yang bertujuan menyelidiki pengaruh variasi komposisi Fe_3O_4 dan Polypyrrole terhadap sifat listrik nanokomposit Fe_3O_4 /Polypyrrole.

Pada penelitian ini dilakukan 5 variasi komposisi nanokomposit Fe_3O_4 /Polypyrrole yaitu 30%, 40%, 50%, 60%, 70% (w/w). Nanokomposit dipreparasi menggunakan metode sol gel. Nanokomposit Fe_3O_4 /Polypyrrole dikarakterisasi menggunakan LCR Meter, *X-Ray Diffraction* (XRD), *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

Nilai konduktivitas listrik dari nanokomposit Fe_3O_4 /Polypyrrole yang didapatkan dengan variasi yang digunakan 30%, 40%, 50%, 60%, 70% adalah $0,138 (\Omega cm)^{-1}$, $0,051 (\Omega cm)^{-1}$, $0,025 (\Omega cm)^{-1}$, $0,018 (\Omega cm)^{-1}$, $0,005 (\Omega cm)^{-1}$. Dapat disimpulkan konduktivitas listrik yang baik adalah ketika jumlah matriksnya paling besar yaitu variasi komposisi 30% hal ini dapat diartikan variasi dari komposisi Fe_3O_4 mempengaruhi sifat listrik dari nanokomposit Fe_3O_4 /Polypyrrole.

Kata kunci : Fe_3O_4 /Polypyrrole, Nanokomposit, Sifat Listrik, Metode Sol Gel

ABSTRACT

Indah Jefika Nadianis (2022) : Analysis Of Electricitrical Properties Of Fe_3O_4 /Polypyrrole Nanocomposite Powder Synthesized by Sol-Gel Method

The nanocomposite is a mixture of nanoparticles (nanofillers) into macroscopic material (matrix). Fe_3O_4 nanoparticles which act as fillers are still experiencing agglomeration problems because Fe_3O_4 nanoparticles are susceptible to oxidation. Prevention of agglomeration is done by mixing polymeric materials such as polypyrrole. Polypyrrole has good redox properties, easy to synthesize, has high conductivity, not easy to be oxidized. With the properties of these nanoparticles Fe_3O_4 was composited with polypyrrole to achieve excellent electrical conductivity and produce materials that are superior in the field of nanotechnology. The electrical properties of Fe_3O_4 /Polypyrrole nanocomposites are influenced by the addition of composition variations between Fe_3O_4 and polypyrrole.

In this study, 5 variations of the composition of Fe_3O_4 /Polypyrrole nanocomposite were carried out, namely 30%, 40%, 50%, 60%, 70% (w/w). Nanocomposites were prepared using the sol-gel method. Fe_3O_4 /Polypyrrole nanocomposites were characterized using LCR Meter, X-Ray Diffraction (XRD), Fourier Transform Infra-Red (FTIR), and Scanning Electron Microscope (SEM).

The electrical conductivity value of the nanocomposite Fe_3O_4 /Polypyrrole obtained with the variations used 30%, 40%, 50%, 60%, 70% is $0,138 (\Omega\text{cm})^{-1}$, $0,051 (\Omega\text{cm})^{-1}$, $0,025 (\Omega\text{cm})^{-1}$, $0,018 (\Omega\text{cm})^{-1}$, $0,005 (\Omega\text{cm})^{-1}$. It can be concluded that good electrical conductivity is when the matrix amount is the largest, namely the composition variation of 30%, this can mean that variations in the composition of Fe_3O_4 affect the electrical properties of the Fe_3O_4 /Polypyrrole nanocomposite.

Keywords : Fe_3O_4 /Polypyrrole, Nanocomposite, Electrical Properties, Sol-Gel Method

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis diberi kesempatan, kekuatan dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **Analisis Sifat Listrik Serbuk Nanokomposit Fe_3O_4 /Polypyrrole Yang Disintesis Dengan Metode Sol Gel**.

Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang. Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membimbing dan membantu dalam menyelesaikan skripsi ini. Terimakasih penulis ucapkan kepada:

1. Bapak Dr. Ramli, S.Pd, M.Si selaku Pembimbing.
2. Bapak Drs. Gusnedi, M.Si selaku Penguji I Skripsi.
3. Bapak Rahmat Hidayat, M.Si selaku Penguji II Skripsi.
4. Bapak dan Ibu staf pengajar Departemen Fisika yang telah membekali penulis dengan berbagai ilmu dan pengetahuan selama masa perkuliahan.
5. Bapak Mairizwan M.Si selaku Pembimbing Akademik.
6. Ibu Dr.Hj.Ratnawulan, M.Si selaku Ketua Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
7. Ibu Syafriani, M.Si, Ph.D selaku Ketua Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
8. Bapak dan Ibu staf administrasi dan Laboran Departemen Fisika.
9. Rekan-rekan satu tim penelitian Annisa, Fikri dan Nando yang telah membantu sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

10. Selanjutnya rekan-rekan dan semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikan skripsi ini.

Skripsi ini merupakan bagian hibah Penelitian Pusat/Kelompok Riset tahun 2022 dari Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Negeri Padang pada Kelompok Riset Nanosain dan Nanoteknologi dengan ketua peneliti bapak Dr. Ramli, M.Si. Penulis menyampaikan penghargaan yang tinggi dan terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Negeri Padang yang telah membiayai penelitian ini dengan nomor kontrak penelitian: 1767/UN35.13/LT/2022.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan dan keterbatasan, dengan demikian penulis mengharapkan saran dan kritik yang konstruktif guna perbaikan skripsi ini kedepannya.

Padang, Juli 2022

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
BAB II	8
TINJAUAN PUSTAKA	8
A. Nanokomposit	8
B. Megnetite (Fe_3O_4)	10
C. PPy(Polypyrrole).....	12
D. Sifat Listrik	13
E. Metode Sol Gel	15
F. Pengaruh Komposisi Terhadap Sifat Listrik Nanokomposit	16
G. LCR Meter	17
H. Penelitian Yang Relevan	18
BAB III	21
METODE PENELITIAN.....	21
A. Jenis Penelitian.....	21
B. Tempat dan Waktu Penelitian	21
C. Variabel Penelitian	22
D. Instrumen Penelitian.....	22
E. Pelaksanaan Penelitian	36
F. Diagram Alir	42
BAB IV	44
PEMBAHASAN	44
A. HASIL	44

B. Pembahasan.....	60
BAB V.....	64
PENUTUP.....	64
A. Kesimpulan	64
B. Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Grafik Konduktivitas komposit PANI/HCL/Fe ₃ O ₄	17
Gambar 2. HEM (High Energi Milling).....	23
Gambar 3. Magnetic Stirer	23
Gambar 4. Timbangan Digital	24
Gambar 5. Furnace	25
Gambar 6. Magnet Permanen.....	25
Gambar 7. Substrat Kaca.....	26
Gambar 8. Gelas Ukur.....	26
Gambar 9. Spatula.....	27
Gambar 10. Batang Pengaduk.....	27
Gambar 11. Alat Press Pelet.....	27
Gambar 12. Cetakan Pelet (Dies).....	28
Gambar 13. Sintering	28
Gambar 14. Sigma Digital.....	29
Gambar 15. XRD(<i>X-Ray Diffraction</i>)	29
Gambar 16. FTIR (Fourier Transform Infrared)	30
Gambar 17. SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>)	31
Gambar 18. LCR Meter.....	31
Gambar 19. Pasir Besi.....	32
Gambar 20. Aquades	32
Gambar 21. <i>Ethilene Glycole</i>	33
Gambar 22. NaOH	33
Gambar 23. Aquabidest.....	33
Gambar 24. Ethanol	34
Gambar 25. N-Hexana	34
Gambar 26. Aseton.....	35
Gambar 27. Asam Oleic	35
Gambar 28. <i>Polypyrrole</i>	35
Gambar 29. HCl (Asam Klorida).....	36
Gambar 30. Diagram Alir Penelitian	43
Gambar 31. Data karakterisasi menggunakan XRD variasi 30%	46
Gambar 32. Data karakterisasi menggunakan XRD variasi 40%	47
Gambar 33. Data karakterisasi menggunakan XRD variasi 50%	48
Gambar 34. Data karakterisasi menggunakan XRD variasi 60%	49
Gambar 35. Data karakterisasi menggunakan XRD variasi 70%	50
Gambar 36. Data karakterisasi menggunakan FTIR variasi 30%	51
Gambar 37. Data karakterisasi menggunakan FTIR variasi 40%	52
Gambar 38. Data karakterisasi menggunakan FTIR variasi 50%	53

Gambar 39. Data karakterisasi menggunakan FTIR variasi 60%	54
Gambar 40. Data karakterisasi menggunakan FTIR variasi 70%	55
Gambar 41. Data hasil karakterisasi menggunakan SEM variasi 30%	55
Gambar 42. Data hasil karakterisasi menggunakan SEM variasi 40%	56
Gambar 43. Data hasil karakterisasi menggunakan SEM variasi 50%	57
Gambar 44. Data hasil karakterisasi menggunakan SEM variasi 60%	57
Gambar 45. Data hasil karakterisasi menggunakan SEM variasi 70%	58
Gambar 46. Grafik hubungan variasi komposisi Fe_3O_4 dan Polypyrrole terhadap nilai konduktivitas nanokomposit	60

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Nilai konduktivitas Fe3O4 //PANI.....	16
Tabel 2. Deskripsi data nanokomposit Fe3O4/Polypyrrole	44
Tabel 3. Data hasil pengukuran sifat listrik nanokomposit.....	45
Tabel 4. Pola tiap puncak intensitas dan sudut 2θ variasi komposisi 30%.....	46
Tabel 5. Pola tiap puncak intensitas dan sudut 2θ variasi komposisi 40%.....	47
Tabel 6. Pola tiap puncak intensitas dan sudut 2θ variasi komposisi 50%.....	48
Tabel 7. Pola tiap puncak intensitas dan sudut 2θ variasi komposisi 60%.....	50
Tabel 8. Pola tiap puncak intensitas dan sudut 2θ variasi komposisi 70%.....	51
Tabel 9. Data hasil perhitungan resistivitas dan konduktivitas nanokomposit <i>Fe3O4/Polypyrrole</i> dari berbagai variasi.....	59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Pengolahan LCR Meter.....	68
Lampiran 2. Data pengolahan XRD.....	69
Lampiran 3. Dokumentasi Selama Penelitian	93

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

.Warna pasir besi dipengaruhi oleh kandungan oksida besi seperti *magnetite* (Fe_3O_4) , *maghemite* ($\gamma - (Fe_2O_3)$) , *hematite* ($\alpha - (Fe_2O_3)$) . *Magnetite* (Fe_3O_4) memiliki sifat yang unggul dibandingkan dengan yang lainnya sehingga *magnetite* (Fe_3O_4) menjadi prioritas utama dalam kegiatan riset yang saat ini berkembang pesat dalam dunia penelitian. Pasir besi yang mengandung mineral oksida berupa *magnetite* (Fe_3O_4) sangat bagus diolah menjadi produk yang memiliki nilai ekonomi yang lebih tinggi, akan tetapi Fe_3O_4 dari alam belum banyak di eksplorasi secara intensif, padahal potensi Fe_3O_4 di daerah cukup besar.

Pasir besi yang mengandung bahan *magnetite* memiliki sifat yang aplikatif dalam berbagai bidang ilmu, seperti fluida, *gel magnetic*, bioteknologi, *magnetic resource imaging* (MRI) serta penyimpanan data (Riyanto, 2012). Juga dapat diolah menjadi berbagai aplikasi diantaranya mencakup pada dielektrik, listrik, elektromagnetik, magnetic dan optikal. Agar kebutuhan Fe_3O_4 dalam industry teknologi modern berbiaya murah dapat terpenuhi maka karakterisasi material menjadi ukuran nano sangat perlu dilakukan. Menurut (Nidya, Ramli, & Yenni, 2017) Fe_3O_4 dalam bentuk nano memiliki sifat unggul sehingga mempunyai peluang besar dalam bidang industri dan elektronik sebagai piranti semikonduktor.

Menurut Evimov (Satriaji, Rizky, & Hamidah, Karakterisasi Polimer Konduktif Polipirol Berpengisi Serbuk Ban Untuk Mendeteksi Konduktivitas Minyak, 2014) polimer konduktif saat ini banyak menjadi perhatian para peneliti dari berbagai cabang teknologi dan ilmu sebagai bahan baku elektroda, biosensor, membrane pemisahan gas, katalis elektrik, sebagai pelindung anti korosif, dan lain-lain. Menurut Qomariyah (Satriaji, Rizky, & Hamidah, Karakterisasi Polimer Konduktif Polipirol Berpengisi Serbuk Ban Untuk Mendeteksi Konduktivitas Minyak, 2014) PPy (*Polypyrrole*) merupakan salah satu bahan yang menjanjikan untuk pembuatan produk komersil, hal ini dikarenakan sifat stabilitas lingkungannya yang baik, memiliki konduktivitas yang lebih tinggi dibandingkan polimer konduktif lainnya, serta proses sintesisnya yang mudah. *Polypyrrole* adalah salah satu bahan yang digunakan untuk meningkatkan unjuk kerja arus yang besar. *Polypyrrole* mempunyai konduktivitas lebih tinggi dari pada polimer lain, karena *polypyrrole* memiliki gugus berbasis unsur nitrogen yang kuat di setiap monomernya, hal ini dipertegas oleh (K. Prasanna dalam Rahardi, 2017) Selain itu monomer pirol juga mudah larut dalam air, dan mudah di oksidasi. Polipirol merupakan senyawa yang memiliki nilai konduktivitas dibawah 3 S cm^{-1} . Selain itu, PPy juga memiliki kekurangan yaitu sifat fisik yang kaku dan rapuh sehingga aplikasinya masih terbatas. Oleh karena itu perlu suatu solusi untuk mengatasi kekurangan tersebut melalui pembentukan komposit sehingga didapatkan *polypyrrole* dengan sifat yang lentur.

Akhir-akhir ini nanokomposit mendapat banyak perhatian dari para ilmuwan. Pada umumnya material nanokomposit menunjukkan perbedaan sifat listrik, sifat mekanik, sifat optik, elektrokimia, katalis serta struktur dengan

material penyusunnya. Nanokomposit merupakan material komposit yang dibuat dengan menyisipkan nanopartikel ke dalam suatu material berukuran makro sebagai filler (penguat *matriks*) dan dalam sebuah *matriks* sebagai pelindung filler (Hadiyawarman, 2008). Nanokomposit dibuat dengan menyisipkan nanopartikel (*nanofiller*) ke dalam sebuah material makroskopik (*matriks*). Pencampuran nanopartikel ke dalam *matriks* penyusun merupakan bagian perkembangan dunia nanoteknologi. Setelah menambahkan sejumlah nanopartikel ke dalam material *matriks*, nanokomposit yang dihasilkan menunjukkan sifat yang lebih unggul dibandingkan sifat material sebelumnya. Sedangkan *matriks* yang biasa digunakan berupa *matriks* polimer, logam dan keramik (Chitraningrum dalam Suyono, 2012).

Banyak metode yang telah dikembangkan untuk mesintesis nanopartikel Fe_3O_4 seperti metode kopresipitasi, metode hidrotermal dan metode sol gel. Menurut Bushan (Nidya, Ramli, & Yenni, 2017) Preparasi yang sering digunakan dalam pembuatan nanokomposit yaitu metoda sol-gel karena metoda sol gel memiliki keunggulan berupa tingkat kehomogenan material yang tinggi, metode yang relative sederhana serta dapat dilakukan pada kondisi lingkungan normal. Metode sol gel juga merupakan salah satu metode paling sukses dalam mempreparasi material oksida logam.

Salah satu aplikasi dari nanokomposit adalah sebagai komponen elektronika diantaranya yaitu baterai. Di era yang semakin canggih ini terdapat beberapa alat-alat elektronik baru yang tidak dapat dipisahkan dalam kegiatan sehari-hari diantaranya yaitu baterai. Salah satu Baterai yang paling banyak digunakan saat ini adalah baterai lithium (Alam, 2007). Baterai lithium adalah

baterai isi ulang yang menjanjikan karena memiliki siklus hidup yang panjang dan dampak lingkungan yang rendah (Liu dkk, 2010; Zhou dkk, 2014). Baterai lithium banyak digunakan sebagai baterai laptop, smartphone, kendaraan listrik (Scorasti dkk, 2009). Berdasarkan penelitian Thowil, dkk, 2015 diketahui bahwa baterai lithium memiliki kelebihan yaitu baterai relative ringan, dan memiliki kepadatan energy yang tinggi, dan dapat diisi ulang namun juga memiliki kelemahan safety problem, harga relative mahal, Life Timenya relative rendah, kestrabilannya rendah dan hancur jika benar-benar habis serta masalah lingkungan (Choi dalam Faradilla, 2018) . kelemahan ini mendorong untuk mengembangkan material elektroda baterai Lithium Ion yang lebih baik lagi. Bahan elektroda yang paling banyak digunakan yaitu grafit. Menurut penelitian (Wigayati, 2009) konduktivitas listrik yang dihasilkan dari elektroda menggunakan bahan grafit berkisar 6.2×10^{-3} S/cm sampai $43,8 \times 10^{-3}$ S/cm. Menurut (Efgenij dalam subhan dan Bambang, 2011) Konduktivitas elektroda pada baterai lithium ion berkisar ($\sim 10^{-10}$ S/cm) disamping itu harga grafit juga mahal. Menurut (House dan Rose, 2007) menjelaskan bahwa sifat elektrokimia grafit menghalangi perpindahan ion lithium karena ukuran partikel grafit yang besar sehingga energy yang dihasilkan berkurang. Dengan banyaknya kelemahan tersebut maka untuk meningkatkan kinerja baterai lithium ion solusinya adalah dengan mengganti jenis baterai atau membuat baterai dengan harga relative rendah. Solusi yang paling tepat adalah membuat elektroda baterai lithium dari bahan alam, yaitu nanokomposit Fe_3O_4 yang dicampurkan dengan Polypyrrole. Karakteristik yang harus dipenuhi elektroda baterai lithium ion terdiri dari ion yang mudah melkukan oksidasi, memiliki konduktivitas yang tinggi seperti logam, memililiki kapasitas

energy yang tinggi (tidak berubah strukturnya atau terdegradasi baik saat pemakaian maupun saat pengisian ulang, harganya murah dan ramah lingkungan (Subhan, 2011)

Penelitian mengenai nanokomposit $Fe_3O_4/PVDF$ telah dilakukan oleh Rahmi, 2018 yang mana didapatkan hasil resistansi listrik yang rendah terdapat ketika jumlah matriksnya lebih banyak daripada fillernya namun penelitian ini tidak mendapatkan data konduktivitas listriknya karena nilai luas penampangnya tidak diukur. Selanjutnya penelitian mengenai pengaruh fraksi konsentrasi nanokomposit $Fe_3O_4/PANI$ dengan metode sol-gel *spin coating* telah dilakukan oleh Varadilla, 2018 yang mana hasil yang diperoleh menunjukkan konduktivitas semakin meningkat seiring bertambahnya fraksi konsentrasi. Namun, konsentrasi gel yang ditetaskan pada substrat terlalu banyak sehingga terjadi peningkatan ketebalan lapisan. Lapisan yang diharapkan dapat berukuran nanometer namun pada penelitian ini lapisan yang didapatkan dalam ukuran mikrometer. Selain PVDF dan PANI bahan yang digunakan untuk meningkatkan unjuk kerja pada arus yang besar, dapat digunakan alternative perekat seperti *polypyrrole*. *Polypyrrole* mempunyai konduktivitas lebih tinggi daripada polimer lainnya karena memiliki gugus berbasikan unsur nitrogen yang kuat di setiap monomernya (K.Prasanna dalam Rahardi, 2017). Dengan demikian pada penelitian ini $Fe_3O_4/PVDF$ dan $Fe_3O_4/PANI$ diganti dengan $Fe_3O_4/Polypyrrole$.

Berdasarkan uraian diatas maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai Analisis sifat listrik nanokomposit $Fe_3O_4/Polypyrrole$ yang disintesis dengan metode sol gel. Penelitian ini bertujuan untuk mencari komposisi yang baik agar konduktivitasnya tinggi dan diharapkan dapat

menambah informasi mengenai upaya untuk mendapatkan karakterisasi sifat listrik yang efektif untuk pengaplikasiannya sebagai bahan elektroda batrai lithium ion.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah di uraikan, maka didapatkan identifikasi masalah sebagai berikut:

1. Sumatera Barat merupakan salah satu daerah di Indonesia yang kaya akan unsur besi. Salah satu pantai di Sumatera Barat yang mengandung pasir besi yaitu Pantai Tiram Kabupaten Padang Pariaman, namun material pasir besi tersebut masih belum dimanfaatkan secara optimum.
2. Potensi Fe_3O_4 di daerah cukup besar. Agar kebutuhan Fe_3O_4 dalam industry teknologi modern berbiaya murah dapat terpenuhi maka karakterisasi material menjadi ukuran nano sangat perlu dilakukan.
3. Menjadikan Fe_3O_4 dan *polypyrrole* sebagai nanokomposit sangat perlu dilakukan untuk mengetahui nilai konduktivitas listrik dari nanokomposit $Fe_3O_4/Polypyrrole$ supaya menghasilkan bahan yang unggul dengan biaya yang relatif murah.

C. Batasan Masalah

Mengingat luasnya cakupan dalam penelitian ini, maka penulis akan memfokuskan permasalahan yaitu:

1. Waktu *milling* sampel : 30 jam merujuk pada penelitian yang telah dilakukan oleh Fildzah, 2018.

2. Perbandingan komposisi serbuk Fe_3O_4 /*Polypyrrole* adalah 30;70 w/w, 40:60 w/w, 50:50 w/w, 60:40 w/w dan 70:30 w/w.
3. Sifat listrik yang diukur adalah konduktivitas listriknya.

D. Rumusan Masalah

Bagaimana pengaruh perbandingan komposisi Fe_3O_4 dan *Polypyrrole* terhadap konduktivitas listrik serbuk nanokomposit Fe_3O_4 /*Polypyrrole* yang disintesis dengan metode sol gel?

E. Tujuan Penelitian

Mengetahui bagaimana pengaruh perbandingan komposisi Fe_3O_4 dan *polypyrrole* terhadap konduktivitas listrik serbuk nanokomposit Fe_3O_4 /*Polypyrrole* yang disintesis menggunakan metode sol gel.

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Bagi peneliti, sebagai syarat lulus sarjana di Jurusan Fisika Universitas Negeri Padang.
2. Kelompok kajian Fisika Material dan Biofisika, dapat memberikan ilmu pengetahuan serta informasi dalam pengembangan pembuatan material berbasis nanopartikel.
3. Peneliti lain, sebagai sumber ide dan dapat di jadikan sebagai referensi pada pengembangan tentang material khususnya nanokomposit.
4. Pembaca, untuk menambah pengetahuan dan memperluas wawasan dalam bidang kajian material serta dalam pengembangan aplikasi dalam berbagai bidang..

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Nanokomposit

Nanokomposit dibuat dengan menyisipkan nanopartikel (nanofiller) ke dalam sebuah material makroskopik (*matriks*). Pencampuran nanopartikel ke dalam *matriks* penyusun merupakan bagian perkembangan dunia nanoteknologi. Setelah menambahkan sejumlah nanopartikel ke dalam material *matriks*, nanokomposit yang dihasilkan menunjukkan sifat yang lebih unggul dibandingkan sifat material sebelumnya. Sedangkan *matriks* yang biasa digunakan berupa *matriks* polimer, logam dan keramik. Nanopartikel adalah nanomaterial yang berupa partikel. Berdasarkan sifat-sifat fisika dan kimia, nanopartikel dikelompokkan menjadi beberapa group yaitu nanopartikel berbasis karbon (*carbon-based nanoparticles*) contohnya graphene. nanopartikel semikonduktor contohnya TiO_2 . nanopartikel keramik contohnya $BaTiO_2$, nanopartikel polimerik contohnya nonpori SiO_2 , nanopartikel logam contohnya Fe_3O_4 (Khan dkk., 2017).

Nanokomposit dapat dianggap sebagai struktur padat dengan dimensi berskala nanometer yang berulang pada jarak antar-bentuk penyusun struktur yang berbeda. Material-material dengan jenis seperti itu terdiri atas padatan inorganik yang tersusun atas komponen organik. Keberadaan polimer sebagai perekat nanopartikel dan kiralinitas nanopartikel yang tinggi (dalam bentuk padatan) membentuk polimer-nanokomposit yang menghasilkan kombinasi

kekuatan, fleksibilitas, dan kekakuan yang lebih baik dibandingkan material superkuat yang ada sekarang.

Selain itu, material nanokomposit dapat pula terdiri atas dua atau lebih molekul inorganik/organik dalam beberapa bentuk kombinasi dengan pembatas antar keduanya minimal satu molekul atau memiliki ciri berukuran nano. Contoh nanokomposit yang ekstrim adalah media berporos, koloid, gel, dan kopolimer (Nanrnalosains, 2008). Untuk meningkatkan fungsi dari bahan semikonduktor tersebut, beberapa peneliti melakukannya dengan cara mencampur (doping) dua atau tiga nanopartikel dari semikonduktor tersebut. Campuran nanopartikel tersebut dikatakan sebagai nanokomposit, hal ini menurut Jumari (Rompis, Aritonang and Pontoh, 2020). *Filler* yaitu bahan pengisi untuk meningkatkan sifat mekanik komposit yang mendapatkan ukuran hingga skala nanometer, biasanya berbentuk serat ataupun serbuk. *Matriks* digunakan untuk membalut dan menyatukan *filler* menjadi satu struktur komposit. *Matriks* dalam struktur komposit bisa berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik.

Nanokomposit polimer merupakan gabungan matriks polimer dan bahan pengisi yang berukuran nanometer. Apabila bahan pengisi berukuran nanometer ditambahkan dengan matriks polimer maka bahan tersebut tersebar sebagai partikel halus, berstruktur sebagai jarum atau sebagai lapisan dalam matriks. Kehadiran bahan pengisi dapat mempengaruhi komposit yang dihasilkan. Jumlah bahan pengisi yang berukuran sangat kecil atau dalam skala nanometer hanya diperlukan sedikit saja karena zarah nanometer menyediakan luas permukaan yang tinggi dengan kebanyakan atom berada pada permukaannya. Nanokomposit polimer memiliki ketahanan dan sifat termal yang lebih baik

dengan polimer induknya. Diantaranya yaitu memperbaiki ketahanan polimer, menghasilkan bahan yang ringan, memperbaiki kelemahan polimer induk, ketahanan suhu yang lebih tinggi (Sirait, 2014). Nanokomposit berbasis polimer memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan material komposit konvensional, makro maupun mikro. Keunggulannya dapat meningkatkan sifat elektrik, konduktivitas termal, sifat mekanik dan resistensi terhadap suhu tinggi. Semua keunggulan ini tergantung pada struktur dan sifat serta komposisi penyusun material komposit, hal ini dilaporkan oleh Chitraningrum (Suyono, 2012).

B. Magnetite (Fe_3O_4)

Nanopartikel Fe_3O_4 merupakan salah satu kelompok material oksida besi (*ironoxide*). Material Fe_3O_4 dalam bidang geologi diistilahkan dengan mineral *magnetite*. Magnetit (Fe_3O_4) adalah salah satu nanopartikel magnetik memiliki ukuran nanometer baik dari segi ukuran, morfologi serta sifat-sifat magnetiknya. Magnetit (Fe_3O_4) memiliki struktur kristal yang terdiri dari 32 ion oksigen, dimana celah-celahnya ditempati oleh ion Fe^{3+} dan Fe^{2+} . Fe_3O_4 merupakan nanomaterial yang dapat diaplikasikan dalam skala yang luas. Fe_3O_4 yang mengandung partikel oksida Fe dengan ukuran struktur mikro atau skala nano seperti ukuran, bentuk, permukaan, struktur, dan komposisi dengan perlakuan panas tertentu akan menjadikannya material baru yang dapat meningkatkan sifat penginderaan gas sensor (Grzybowska et al., 2009). Material Fe_3O_4 memiliki berbagai potensi aplikasi. Potensi aplikasi tersebut berkaitan erat dengan sifat-sifat fisika dan kimia yang dimiliki nanopartikel Fe_3O_4 . Sifat fisika meliputi: sifat mekanik, optik, magnetik, elektromagnetik, akustik, dan termodinamik.

Sementara sifat kimia meliputi: reaktivitas, laju reaksi, ikatan kimia, dan stabilitas dalam reaksi kimia (Indrayana, 2019).

Dalam pembuatan sensor magnetic, maka diperlukan pengetahuan mengenai sifat listrik dari material itu sendiri. Pasir besi termasuk dalam golongan semikonduktor. Artinya pasir besi memiliki nilai resistivitas dan konstanta dielektrik yang tidak terlalu besar. Dalam ukuran bulk, material pasir besi memiliki sifat ferrimagnetik. Namun dalam orde nanometer material ini akan memiliki sifat superparamagnetic (Didik and Wahyudi, 2020). *Magnetite* (Fe_3O_4) merupakan material dengan sifat bahan semikonduktor. Bahan semikonduktor merupakan bahan yang mempunyai konduktivitas listrik antara konduktor dan isolator dengan besar energi gap < 6 eV, ini dilaporkan oleh Ghandoor & Oktavian (Fitria, Ramli and Yenni, 2017).

Fe_3O_4 dalam ukuran nano yang terkandung dalam pasir besi memiliki kelebihan dibandingkan dengan senyawa lain, karena lebih unggul dalam menanggapi medan magnet luar. Jadi, ia memiliki peluang besar untuk diterapkan di berbagai bidang industri dan elektronik. Sebuah lapisan tipis nanopartikel magnetik di dalam matriks polimer dimungkinkan untuk diterapkan pada teknologi elektronik, magnetik, optik dan mekanik (Ramli *et al.*, 2018). Menurut A. Taufiq (Taufiq *et al.*, 2012) Luasnya aplikasi nanopartikel Fe_3O_4 dalam sains dan teknologi, mengharuskan pentingnya pengembangan material ini dari berbagai sisi. Bahkan sampai sekarang para peneliti terus gencar mengembangkan penelitian dengan melakukan pendopingan pada nanopartikel Fe_3O_4 dengan beragam metode sintesis dan prekursor yang pada umumnya masih relatif

kompleks. Tidak hanya melakukan pendopingan yang sangat penting untuk mendapatkan material baru dengan karakteristik yang lebih baik dari sebelumnya.

C. PPy(Polypyrrole)

PPy (*Polypyrrole*) adalah salah satu bahan yang menjanjikan dalam penggunaan produk komersil dikarenakan sifat stabilitas lingkungannya yang baik, sintesis yang mudah, dan memiliki konduktivitas yang lebih tinggi dibanding polimer konduktif yang lain. Polipirol (*Polypyrrole*) merupakan polimer konduktif yang memiliki beberapa keunggulan seperti mudah dalam preparasi, ramah lingkungan, mudah larut dalam air, mudah disintesis, dan konduktivitas yang relatif tinggi dibandingkan dengan polimer konduktif lainnya, hal ini menurut Qomariyah (Satriaji Sudigdo, Rizky Dharmawan and Hamidah Harahap, 2014).

Polypyrrole merupakan senyawa heterosiklik yang dapat disintesis secara elektrokimia dengan penambahan pengotor yang dapat meningkatkan konduktivitas listriknya. Polipirol merupakan senyawa dengan tekstur seperti bunga karang, terdekomposisi pada suhu 180–237°C dan memiliki temperatur kaca 160 – 170°C, serta memiliki nilai konduktivitas dibawah 3 S cm⁻¹. Secara umum, *polypyrrol* menunjukkan modulus Young yang jauh lebih besar tetapi kekuatan tarik yang lebih rendah dalam keadaan yang didoping dibandingkan dengan bahan yang tidak didoping. *Polypyrrole* sering digunakan sebagai biosensor sensor gas, kabel, pelapis bahan anti listrik, kapasitor, baterai polimer, perlengkapan elektronik, membran fungsional, dan lain – lain hal ini menurut Wang (Satriaji Sudigdo, Rizky Dharmawan and Hamidah Harahap, 2014).

Polimer konduktif polipirol mempunyai struktur kristal yang tidak teratur sehingga dapat digolongkan ke dalam material amorf seperti halnya amorfus semikonduktor. Elektron terlokalisasi pada suatu tempat diantara pita valensi dan pita konduksi (Anderson dalam Susi, 2011). Bunting (Susi, 2011) mengemukakan bahwa karakter konduktivitas film polipirol terhadap perubahan temperatur lebih mendekati sifat sebagai semikonduktor daripada konduktor logam. Film polimer konduktif dapat digunakan pada permukaan elektroda dengan oksidasi senyawa aromatik seperti benzena dan heterosiklis. Salah satu senyawa heterosiklis yaitu polipirol yang dapat dibentuk melalui proses elektrokimia. Potensial oksidasi terendah adalah pirol (0,8 V) dibandingkan dengan monomer heterosiklis lainnya (Anderson, 1993; Bunting, 1997; Sadki, 2000 dalam Susi, 2011)

D. Sifat Listrik

Menurut Astuti (Fitri a, Ramli and Yenni, 2017) menyatakan bahwa Pasir besi termasuk golongan bahan semikonduktor. Nilai resistansi dapat diperoleh dengan persamaan Hukum Ohm, nilai resistansi tersebut dapat digunakan untuk menghitung nilai resistivitas sampel, resistivitas menyebabkan suatu bahan tidak dapat menghantarkan panas atau listrik, harga dari resistivitas sendiri berbanding terbalik dengan harga konduktivitas. Menurut Suyoso (Nurzam, 2018) Sifat listrik suatu bahan dapat dilihat dari berapa nilai konduktivitas (σ) dan nilai resistivitas (ρ) suatu bahan. Konduktivitas dan resistivitas merupakan suatu besaran yang mampu menggambarkan seberapa baik atau buruknya suatu bahan dalam menghantarkan listrik.

Sifat listrik dari film tipis dapat diketahui dari konduktivitas, resistivitas dan resistansi. Pernyataan dalam hukum ohm yaitu besar arus penghantar akan

berbanding lurus dengan tegangan dan berbanding terbalik dengan hambatannya, terlihat pada persamaan:

$$V = I \times R \dots\dots\dots(1)$$

Resistivitas sampel juga bisa dihitung dari nilai resistansi. Resistivitas merupakan suatu kemampuan bahan untuk menahan arus listrik dan berbanding terbalik dengan konduktivitas (Astuti dalam (Fitria, 2017))

$$R = \rho \frac{L}{A} \dots\dots\dots(2)$$

$$\rho = \frac{R \cdot A}{L} \dots\dots\dots(3)$$

Dengan R adalah hambatan (Ω), L adalah panjang kawat (m), A adalah luas penampang (m^2) dan ρ adalah hambatan jenis/ resistivitas (Ωm) (Giancoli dalam (Fitria, 2017)). Jika nilai resistivitas sudah diketahui maka dapat dihitung nilai konduktivitas. Konduktivitas yaitu suatu kemampuan material untuk mengalirkan listrik atau panas. Saat medan listrik diberikan pada suatu material maka electron dalam material akan mengalir dengan berlawanan arah dengan membawa arus listrik. Besarnya nilai dari konduktivitas dapat dilihat pada persamaan:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

$$\sigma = \text{Konduktivitas listrik } (\Omega m)^{-1}$$

$$\rho = \text{Resistivitas } (\Omega m)$$

Dapat dilihat bahwa konduktivitas berbanding terbalik dengan resistivitas. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa semakin besar nilai konduktivitas akan mempunyai sifat listrik yang baik maka akan semakin kecil nilai resistivitasnya

(Astuti, 2011). Besaran-besaran yang dapat menjelaskan mengenai baik atau tidaknya suatu bahan material dalam menghantarkan listrik dapat dilihat dari nilai resistivitas dan konduktivitas dari suatu bahan (Suyoso, 2003).

E. Metode Sol Gel

Metode Sol-Gel merupakan salah satu “*wet method*” karena pada prosesnya melibatkan larutan sebagai medianya. Metode Sol-Gel merupakan larutan yang mengalami perubahan fase menjadi Sol (koloid yang mempunyai padatan tersuspensi dalam larutannya) dan kemudian menjadi Gel (koloid tetapi mempunyai fraksi solid yang lebih besar daripada Sol) (Phumying et al, 2010).

Sol adalah suspensi koloid yang fasa terdispersinya berbentuk padat dan fasa pendispersinya berbentuk cairan. Suspensi dari partikel padat atau molekul-molekul koloid dalam larutan, dibuat dengan metal alkoksi dan dihidrolisis dengan air, menghasilkan partikel padatan metal hidroksida dalam larutan, dan reaksinya adalah reaksi hidrolisis (Paveena et al, 2010). Gel (*gelation*) yaitu jaringan partikel atau molekul, baik padatan dan cairan, yang mana polimer yang terjadi di dalam larutan digunakan sebagai tempat pertumbuhan zat anorganik. Pertumbuhan anorganik terjadi di Gel point, dimana energi ikat lebih rendah. Reaksinya adalah reaksi kondensasi, baik alkohol atau air, yang menghasilkan *oxygen bridge* (jembatan oksigen) untuk menghasilkan metal oksida (Paveena et al, 2010). Terdapat 5 tahapan dalam metode sintesis sol-gel, yaitu: pertama, preparasi larutan precursor, kedua yaitu konversi larutan prekursor menjadi gel, ketiga yaitu proses aging larutan menjadi gel, keempat yaitu pembentukan gel selanjutnya pemberian perlakuan panas, seperti sintering (I Putu, 2019)

F. Pengaruh Komposisi Terhadap Sifat Listrik Nanokomposit

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan (Varadilla, 2018) mengenai konduktivitas listrik nanokomposit $Fe_3O_4/PANI$ didapatkan nilai konduktivitas sebagai berikut :

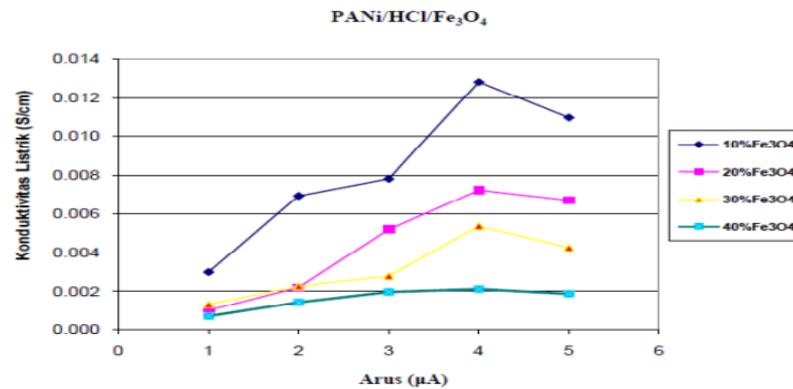
Tabel 1. Nilai konduktivitas $Fe_3O_4/PANI$

Fraksi konsentrasi	$\sigma = L/RA$ (S/cm)
30%	0,682065217
40%	1,971864568
50%	0,219972843
60%	2,269636577
70%	6,912181303

(Sumber : Varadilla, 2018)

Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa Konduktivitas Listrik lapisan nanokomposit $Fe_3O_4/PANI$ untuk setiap variasi konsentrasi memperlihatkan adanya pengaruh fraksi konsentrasi terhadap konduktivitas listrik lapisan yang dihasilkan. Konduktivitas listrik lapisan nanokomposit $Fe_3O_4/PANI$ yang ditumbuhkan meningkat seiring bertambahnya fraksi konsentrasi pada 30%,40%,50%,60% dan 70% dengan nilai konduktivitas berturut-turut yaitu sebesar 0,682065217 S/cm, 1,971864568 S/cm, 0,219972843 S/cm, 2,269636577S/cm, 6,912181303 S/cm. Hasil yang diperoleh menunjukkan nilai semakin besar fraksi konsentrasi yang diberikan maka nilai konduktivitas listrik juga akan semakin besar.

Selanjutnya penelitian mengenai konduktivitas komposit PANi/HCl/ Fe_3O_4 juga telah dilakukan oleh (Purwanto, 2013) didapatkan data nilai konduktivitas seperti pada gambar 2 berikut.



Gambar 1. Grafik Konduktivitas komposit PANi/HCl/Fe₃O₄

(Sumber: Purwanto, 2013)

Berdasarkan gambar 1. dapat dilihat bahwa nilai konduktivitas listrik maksimum diperoleh dari komposit PANi/HCl/ Fe_3O_4 dengan komposisi 10% Fe_3O_4 pada arus masukan 4 μA , yaitu sebesar 0,0128 S/cm. Konduktivitas listrik PANi/HCl dalam komposit PANi/ HCl/ Fe_3O_4 menurun secara signifikan seiring dengan peningkatan penambahan nanopartikel Fe_3O_4 . Penurunan nilai konduktivitas listrik PANi/HCl setelah dikompositkan dengan nanopartikel Fe_3O_4 merupakan suatu hal yang logis dikarenakan Fe_3O_4 bukanlah material konduktif, melainkan material magnetik dengan nilai konduktivitas listrik sebesar 800 mS/cm pernyataan ini dipertegas oleh Technical Data Sheet-ockwood Italia (dalam Purwanto, 2013).

G. LCR Meter

LCR Meter yaitu alat yang digunakan untuk karakterisasi sifat listrik yang diperoleh dari pengukuran resistansi. LCR Meter adalah bagian dari alat uji

elektronik yang berguna untuk mengukur induktansi (L), Kapasitansi (C), dan resistansi (R) dari suatu komponen. pengotor, unsur-unsur pepadu serta ketidaksempurnaan dalam Kristal dapat mempengaruhi konduktivitas suatu penghantar (Smallan dan Bishop, 2010).

Prinsip kerja dari alat ini adalah menggunakan pengukuran impedansi lalu impedansi akan diukur secara internal dan dikonversikan ke layar penampil pengukuran yang dikonversikan ke kapasitansi atau nilai induktansi yang sesuai. Pada pengukuran kapasitansi (C) atau muatan listrik pengukuran akan menghitung jumlah muatan yang disimpan pada suatu titik tertentu, yang biasa dikenal sebagai potensial listrik dan biasanya diukur dalam volt yang menunjukkan muatan listrik statis (Kurniati, Rezki, 2016)

H. Penelitian Yang Relevan

Pada penelitian ini, penulis mengambil beberapa penelitian yang relevan yang mana nantinya pada penelitian yang relevan ini akan memperjelas perbedaan dan persamaan dari penelitian dengan judul analisis sifat listrik nanokomposit Fe_3O_4/PPy yang disintesis dengan metode sol gel.

Pertama, pada penelitian (Deng *et al.*, 2003) mengenai *Magnetic and conducting Fe_3O_4 – polypyrrole nanoparticles with core-shell structure*. Nanopartikel Fe_3O_4 -polipirol dengan *core-shell structure* menunjukkan sifat listrik dan feromagnetik disintesis oleh polimerisasi emulsi in situ. Hasil utama dirangkum sebagai berikut: Konduktivitas nanokomposit pada suhu kamar menurun dengan meningkatnya kandungan Fe_3O_4 , yang disebabkan oleh penurunan derajat doping polipiran. Konduktivitas paling tinggi ketika Fe_3O_4

dicampur PPy yaitu $22,7 \times 10^{-4}$ S/cm dan konduktivitas paling rendah yaitu $1,94 \times 10^{-4}$ S/cm.

Kedua, pada penelitian (Qiu, Wang and Nie, 2006) yaitu mengenai *Polypyrrole-Fe₃O₄ Magnetic Nanocomposite Prepared by Ultrasonic Irradiation* yang mendapatkan hasil bahwa Nanokomposit PPY/Fe₃O₄ dengan sifat listrik dan magnet yang baik berhasil dibuat dengan polimerisasi oksidatif kimia dengan adanya partikel nano Fe₃O₄ di bawah iradiasi ultrasonik. Hasil XPS dan TEM mengkonfirmasi bahwa semua nanopartikel Fe₃O₄ dienkapsulasi oleh polipirol. Kehadiran Fe₃O₄ selama polimerisasi mempengaruhi struktur kimia PPY yang disintesis. Dengan peningkatan kandungan Fe₃O₄, magnetisasi meningkat dan konduktivitas pertama meningkat, dan kemudian menurun. Ketika kandungan menurun. Ketika kandungan menurun. Ketika kandungan Fe₃O₄ 40 wt.-%, komposit PPY/Fe₃O₄ memiliki konduktivitas maksimum 11,26 S/cm dan konduktivitas minimum 1,3 S/cm. Fe₃O₄ nanopartikel meningkatkan stabilitas termal komposit PPY/Fe₃O₄ karena interaksi yang cukup kuat antara rantai molekul Fe₃O₄ dan PPY.

Ketiga, pada penelitian (Rahmi, 2018) yaitu mengenai Analisis Sifat Listrik Nanokomposit Fe₃O₄/PVDF Yang Disintesis Dengan Metode Sol Gel Untuk Aplikasi Elektroda Baterai Lithium Ion didapatkan hasil bahwa pertama, pengaruh komposisi terhadap ukuran butir adalah semakin besar komposisi *matriksnya* semakin kecil ukuran butirnya dan sebaliknya. Hal ini sesuai dengan teori dan sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan. Semakin banyak komposisi *matriksnya* maka akan semakin besar nilai konduktivitas listriknya.

Komposisi filler dan *matriks* yang baik adalah saat polimer atau *matriksnya* lebih banyak disbanding fillernya yaitu pada komposisi 10 ml : 30 ml.

Keempat, pada penelitian (Varadila, Ramli, dan Yenni Darvina, 2018) Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan yaitu mengenai pengaruh fraksi konsentrasi nanokomposit Fe_3O_4 / PANI dengan metode sol-gel spin coating didapatkan nilai dari konduktivitas dan kapasitansi litrik dari lapisan nanokomposit Fe_3O_4 / PANI. Besarnya nilai konduktivitas pada fraksi konsentrasi 30%;40%;50%;60% dan 70%, berturut-turut yaitu $0,682 \times 10^{-2} S/cm$, $1,97186 \times 10^{-2} S/cm$, $0,21997 \times 10^{-2} S/cm$, $2,2696 \times 10^{-2} S/cm$, $6,912 \times 10^{-2} S/cm$. Dari hasil penelitian, semakin besar fraksi konsentrasi maka nilai konduktivitas dan kapasitansi juga semakin besar.

Selanjutnya pada penelitian (Surya, 2020) mengenai karakterisasi sifat magnetoresistansi nanokomposit Fe_3O_4 / PPy yang disintesis dengan metode sol gel spin coting dari penelitian tersebut dapat diketahui bahwa Pengujian sifat magnetoresistansi menggunakan metode *Four Point Probe* (FPP) dengan besarnya nilai resistansi maksimum yang didapatkan pada lapisan tipis nanokomposit Fe_3O_4 / PPy dengan komposisi Fe_3O_4 dalam PPy sebesar 40% dan 70% dengan nilai magnetoresistansi sebesar 98,2%. Dimana nilai magnetoresistansi dipengaruhi oleh komposisi dari lapisan tipis yang ditumbuhkan yang menghasilkan ketebalan yang berbeda untuk setiap lapisan.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada sifat listrik nanokomposit $Fe_3O_4/Polypyrrole$ dengan bentuk serbuk didapatkan hasil nilai konduktivitas dari nanokomosit $Fe_3O_4 /Polypyrrole$ dengan variasi yang digunakan 30%, 40%, 50%, 60%, 70% adalah 0,138 S/cm, 0,051 S/cm, 0,025 S/cm, 0,018 S/cm, 0,005 S/cm. Dapat disimpulkan bahwa konduktivitas meningkat seiring bertambahnya matriks (*polypyrrole*) dan berkurang seiring bertambahnya *filler* (Fe_3O_4).

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan peneliti menyarankan untuk melakukan proses *sol-gel* lebih teliti lagi agar larutan yang dibuat semakin kental dan homogen serta mencari lagi komposisi yang berbeda sehingga menghasilkan nanokomposit $Fe_3O_4/Polypyrrole$ dengan konduktivitas Listrik yang lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Deng, J. *et al.* (2003) 'Magnetic and conducting Fe₃O₄-polypyrrole nanoparticles with core-shell structure', *Polymer International*, 52(7), pp. 1182–1187. doi: 10.1002/pi.1237.
- Didik, L. A. and Wahyudi, M. (2020) 'ANALISA KANDUNGAN Fe DAN KARAKTERISTIK SIFAT LISTRIK PASIR BESI PANTAI TELINDUNG YANG DISINTESIS DENGAN BEBERAPA METODE', *Indonesian Physical Review*, 3(2), p. 64. doi: 10.29303/ipr.v3i2.58.
- Fitria, M., Ramli and Yenni, D. (2017) 'Pasir Besi Pantai Tiram Kabupaten Padang Pariaman Sumatera Barat Dengan Metode Sol-Gel Spin Coating', *Pillar of Physics*, 10, pp. 31–38.
- Indrayana, I. putu T. (2019) 'REVIEW Fe₃O₄ DARI PASIR BESI: SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN FUNGSIONALISASI HINGGA APLIKASINYA DALAM BIDANG NANOTEKNOLOGI MAJU', *Uniera*, 8(2), pp. 65–75.
- Kurniati, Rezki, J. (2016) 'Rancang Bangun Alat Ukur LCR Meter Berbasis Arduino Uno', *Rancang Bangun Alat Ukur LCR Meter Berbasis Arduino Uno*, pp. 270–276. Available at: <http://eprosiding.snit-polbeng.org/index.php/snit/article/view/116>.

- Murawski, D. and Behrens, H. (2017) 'Effect of Particle Size and Pretreatment on the Conductivity of Glass Powder during Compaction', *Zeitschrift für Physikalische Chemie*, 231(7–8), pp. 1323–1343. doi: 10.1515/zpch-2016-0926.
- Nanrnalosains, J. (2008) 'Fabrikasi Material Nanokomposit Superkuat, Ringan dan Transparan Menggunakan Metode Simple Mixing', 1(1), pp. 14–21.
- Nurzam, F. R. P. (2018) 'NANOKOMPOSIT CoFe_2O_4 / PANi YANG DISINTESIS DENGAN METODE SOL-GEL SKRIPSI'.
- Purwanto, D. H. K. (2013) 'Karakterisasi Sifat Listrik dan Magnetik PANI / HCl / Fe_3O_4 akibat Penambahan Fe_3O_4 pada Komposit PANI / HCl', 2(1), pp. 11–16.
- Qiu, G., Wang, Q. and Nie, M. (2006) 'Polypyrrole- Fe_3O_4 magnetic nanocomposite prepared by ultrasonic irradiation', *Macromolecular Materials and Engineering*, 291(1), pp. 68–74. doi: 10.1002/mame.200500285.
- Rahardi, S. S. (2017) 'Kajian Aplikasi Bahan Dengan Konduktivitas Listrik Tinggi Untuk Meningkatkan Unjuk Kerja Baterai Ion Litium', *Jurnal Teknologi Bahan dan Barang Teknik*, 7(1), p. 31. doi: 10.37209/jtbtt.v7i1.92.
- Ramli, R. *et al.* (2018) 'Struktur Mikro dan Sifat Magnetik dari Lapisan Tipis Nanokomposit Fe_3O_4 /PVDF', *Spektra: Jurnal Fisika ...*, 3(3), pp. 143–150.
- Rompis, J., Aritonang, H. and Pontoh, J. (2020) 'SINTESIS NANOKOMPOSIT

ZnO-MgO DAN ANALISIS EFEKTIVITAS SEBAGAI ANTIBAKTERI’,
Chemistry Progress, 13(1), pp. 56–62. doi: 10.35799/cp.13.1.2020.30197.

Satriaaji Sudigdo, Rizky Dharmawan and Hamidah Harahap (2014) ‘Karakterisasi Polimer Konduktif Polipirol Berpengisi Serbuk Ban Untuk Mendeteksi Konduktivitas Minyak’, *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3(2), pp. 30–33. doi: 10.32734/jtk.v3i2.1503.

Suyono, Y. (2012) ‘Studi awal pembuatan nanokomposit dengan’, pp. 63–69.

Taufiq, A. *et al.* (2012) ‘KAJIAN STRUKTUR KRISTAL DAN DIELEKTRISITAS NANOPARTIKEL MAGNETITE BERBASIS PASIR BESI DOPING Zn²⁺ HASIL SINTESIS METODE KOPRESIPITASI’, *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 13(2), pp. 153–156.

Wigayati, E. M. (2009) ‘Pembuatan dan Karakterisasi Lembaran Grafit Untuk Bahan Anoda Pada Baterai Padat Lithium’, *Jurnal Fisika*, 9(1), pp. 39–45.

Yunasfi (2015) ‘Yunasfi Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju (PSTBM) – BATAN Kawasan Puspiptek , Serpong , Tangerang -15314 PENDAHULUAN menjadi primadona penelitian sejak Prof . tentang kemampuan teknologi nano yang sangat memotivasi dan menggerakkan dunia Salah satu be’, *Majalah Metalurgi*, 30, pp. 31–38.