

PENGARUH KOMPOSISI MnFe₂O₄ TERHADAP SIFAT LISTRIK NANOKOMPOSIT MnFe₂O₄ / PVDF YANG DISINTESIS DENGAN METODE SPIN COATING

Onny Gustira¹⁾, Yenni Darvina²⁾, Ramli²⁾

¹⁾Mahasiswa Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang , Padang, Indonesia

²⁾Dosen Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia

onnygustira10@gmail.com

ABSTRACT

Manganese ferrite (MnFe₂O₄) has an MnFe₂O₄ structure in which its manufacture uses manganese mineral powder. MnFe₂O₄/ PVDF nanocomposites are made in the form of thin films to see the electrical properties that are affected by variations in composition. MnFe₂O₄/ PVDF nanocomposites were characterized using XRD, FTIR and FPP. The XRD characterization results show that the Monoclinic Crystalline form for PVDF and Cubic for MnFe₂O₄, the angular value of 2θ formed is the greater the composition of MnFe₂O₄ from small to large used, then MnFe₂O₄ and PVDF are already present in the MnFe₂O₄/ PVDF angles which are seen in the composition of MnFe₂O₄ from small to large used, then MnFe₂O₄ and PVDF are already present in MnFe₂O₄ / PVDF diffraction peak. FTIR characterization results can be seen that MnFe₂O₄ successfully binds to PVDF, where Fe-O is a functional group MnFe₂O₄ and CH₂ is a PVDF functional group. The results of the FPP characterization show that if the MnFe₂O₄ composition is getting bigger and the PVDF composition is getting smaller, the resistivity value is small and the conductivity value is greater.

Keywords : MnFe₂O₄, Spin Coating, nanocomposite, thin film, PVDF



This is an open access article distributed under the Creative Commons 4.0 Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited . ©2018 by author and Universitas Negeri Padang.

PENDAHULUAN

Sumatera Barat merupakan salah satu daerah yang memiliki sumber daya mineral yang melimpah, salah satunya bijih besi. Bijih Besi di Sumatera Barat diantaranya terdapat di daerah Kecamatan Sangir, Solok Selatan, Sumatera Barat^[1]. Bijih besi adalah logam yang dihasilkan dari batuan besi, kebanyakan besi terdapat dalam bentuk batuan, pasir dan tanah. Seiring dengan perkembangan teknologi pengolahan material pasir besi dapat dibuat dalam bentuk ferit lunak yaitu manganese ferrite^[2].

Salah satu aplikasi yang dikembangkan dalam material mangan ferrit yaitu sebagai penyerap gelombang radar. Material mangan ferrit banyak dibuat dalam bentuk komposit. Komposit merupakan gabungan dari satu kombinasi material atau lebih, yang penyusunnya terdiri dari dua bagian yaitu matriks (sebagai pelindung filler) dan (filler sebagai penguat dari matriks). Salah satu jenis matriks komposit yang banyak diteliti dan digunakan pada saat ini adalah komposit PVDF. Polyvinylidene floride (PVDF) adalah sebuah polimer semikristalin yang mengandung fase kristal dan amorf, dengan temperatur gelas sangat rendah (-40 °C) yang menjadikannya cukup fleksibel^[3].

Material komposit MnFe₂O₄/ PVDF banyak digunakan pada superkapasitor. Superkapasitor ialah energy yang disimpan dan ditransfer oleh muatan pada batas antara elektrolit dan elektroda^[4]. Karbon aerogel, karbon aktif, logam oksida, dan polimer konduktif merupakan bahan yang digunakan pada

bahan elektroda^[5]. Superkapasitor merupakan salah satu perangkat penyimpan energi dengan kapasitas yang sangat tinggi. Superkapasitor digunakan sebagai penyimpan energi listrik pada alat transportasi listrik^[6].

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Burke mengatakan yang menjadi faktor utama yang mempengaruhi nilai kapasitansi selain ketebalan elektroda adalah densitas, semakin besar densitas maka semakin besar pula tahanan transfer arus pada bidang batas elektrolit dan elektroda sehingga akan mengurangi nilai kapasitansi^[7]. Superkapasitor mempunyai nilai kapasitansi lebih dari 5 F/cm²^[8] dan nilai kapasitansi berkisar antara 0,043-2700 F^[9].

Penelitian yang telah dilakukan oleh Rahmi dkk, 2018 dan Vegunopal, 2014 mengenai nanokomposit Fe₃O₄ dan PVDF. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Rahmi dkk, 2018 mengenai pengaruh komposisi Fe₃O₄ dan PVDF terhadap konduktivitas didapatkan semakin besar komposisi matriks yang digunakan maka semakin besar konduktivitas listrik yang dihasilkan^[10]. Pernyataan rahmi, dkk tersebut juga sesuai dengan penelitian Vegunopal, 2014 yang mengatakan bahwa semakin besar komposisi matriks (PVDF) maka akan semakin besar konduktivitas listriknya^[11].

Sifat listrik dari bahan semikonduktor secara konvensional diberikan dalam batas-batas mobilitas dan konsentrasi pembawa muatan mayoritas pada medan listrik rendah. Kontrol sifat listrik merupakan hal yang sangat penting dalam aplikasi devais

elektronik. Faktor penting yang terkait dengan kontrol sifat listrik adalah keberadaan cacat, tingkat doping, dan mekanisme kompensasi diri^[12]. Nilai resistivitas (ρ) dan konduktivitas (σ) bisa diketahui dari sifat listrik suatu bahan.

Resistivitas dan konduktivitas ialah baik buruk suatu bahan dalam menghantarkan listrik. Dalam pengukuran Resistivitas dilakukan dengan metode probe empat titik. Ke empat probe dibuat pada jarak yang sama 3 mm. Arus listrik (I) dialirkkan diantara dua probe luar menggunakan sumber daya. Secara bersamaan beda tegangan (V) diantara dua probe dalam, diukur. Persamaan 1 berikut untuk menghitung nilai resistivitas

$$\rho = \frac{V}{I} Ct \quad (1)$$

Dengan:

R = resistansi (Ω)

V = tegangan (V)

I = Arus (A)

Persamaan 2 berikut untuk menghitung nilai konduktivitas

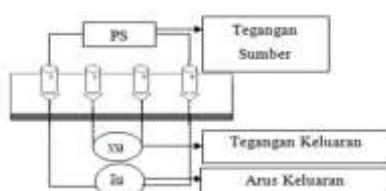
$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (2)$$

Dengan:

σ = konduktivitas ($\Omega.m$)⁻¹

ρ = resistivitas ($\Omega.m$)

Menurut Murti untuk mengetahui analisis sifat listrik yaitu nilai resistivitas dari suatu bahan dapat diukur dengan menggunakan metoda empat probe. Pengukurannya dengan menggunakan empat probe dengan jarak probenya 0.2 cm, probe 1 dan probe 4 dihubungkan ke multimeter digital probe 2 dan 3 dihubungkan ke multimeter digital. Data yang diperoleh dari pengukuran dengan metoda empat probe yaitu nilai tegangan serta arus keluaran, dari pengukuran menggunakan metoda empat probe. Disebut empat probe karena ada empat titik kontak sampel. Keempat titik kontak (probe) ini memiliki jarak yang sama antara probe. Berikut model pengukuran dengan alat ukur FPP^[13].



Gambar 1. Alat Ukur FPP
(sumber: Murti, 2017)

Four Point Probe (FPP) merupakan metode yang paling banyak digunakan dalam mengukur nilai resistivitas semikonduktor. Selain itu alat FPP ini dapat mengukur nilai resistansi dan tipe dari bahan. Pada tahun 1916 Wenner mengembangkan teknik FPP yang digunakan untuk mengukur nilai

resistivitas bumi. Kemudian pada tahun 1954 Vades, mengadopsi teknik tersebut dan diaplikasikan untuk menganalisis gas dan mengkarakterisasi elektrolit^[14].

Metode yang digunakan untuk membuat nanokomposit MnFe₂O₄ / PVDF yaitu dengan metode *spin coating*. Metode *spin coating* merupakan metode yang paling mudah dan cepat dalam penumbuhan lapisan tipis^[15]. *Spin Coating* merupakan teknik khusus dengan menggunakan deposit cairan dalam jumlah kecil yang kemudian diputar pada kecepatan tinggi sekitar 3000 RPM dalam suatu bidang datar^[16].

Alat karakterisasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu alat XRD (*X-ray diffraction*) digunakan untuk mengetahui bentuk Kristal, mengetahui nilai sudut 2θ yang terbentuk, dan memastikan MnFe₂O₄ dan PVDF ada di dalam nanokomposit MnFe₂O₄/ PVDF. Kemudian alat FTIR (*Fourier Transformed Infrared*) untuk mengetahui gugus fungsi MnFe₂O₄/ PVDF yang saling berkaitan, dan FPP (*Four Point Probe*) untuk mengetahui sifat listrik suatu bahan yaitu nilai konduktivitas dan resistivitas. Dimana XRD dan FTIR adalah sebagai data pendukung dalam penelitian ini. Berdasarkan latar belakang diatas maka pertanyaan penelitian ialah Bagaimana pengaruh komposisi MnFe₂O₄ terhadap sifat listrik nanokomposit MnFe₂O₄/ PVDF yang disintesis dengan metode *spin coating*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah jenis penelitian eksperimen untuk mengetahui sebab akibat dari hasil eksperimen. Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2018 - November 2019 di Laboratorium Jurusan Fisika FMIPA UNP, Laboratorium Jurusan Kimia FMIPA UNP, Laboratorium LLDIKTI Wilayah X, untuk Karakterisasi menggunakan XRD dilakukan di Laboratorium Jurusan Fisika FMIPA UNP, Karakterisasi menggunakan FTIR dilakukan di Laboratorium Jurusan Kimia FMIPA UNP, dan Karakterisasi menggunakan FPP dilakukan di Batan.

Dalam penelitian ini ada 3 jenis variable yaitu Variabel Bebas, Variabel Kontrol dan Variabel Terikat. Variabel Bebas penelitian ini adalah lima variasi komposisi Nanokomposit MnFe₂O₄/ PVDF dengan perbandingan MnFe₂O₄ : PVDF yaitu 25% : 75%; 33,33% : 66,67%; 50% : 50%; 66,67% : 33,33%; 75% : 25%^[17]. Variabel Kontrol dalam penelitian ini adalah Kecepatan alat *Spin Coating* yang digunakan yaitu 1000 rpm (*rotation per minutes*) dengan waktu 60 detik, kemudian Kecepatan alat Magnetic Stirrer yaitu 250 rpm. Lamanya penggilingan/ milling dengan HEM untuk bijih besi selama 20 jam, dengan proses siklus milling pada HEM yaitu 30 detik. Selanjutnya Variabel Terikat pada penelitian ini adalah Sifat listrik sebagai variabel terikat berupa konduktivitas dan resistivitas, sebagai pengaruh dengan komposisi MnFe₂O₄/ PVDF.

Selanjutnya, Instrumen penelitian pada penelitian ini adalah Alat Penelitian, Bahan Penelitian Alat Karakterisasi Penelitian. Alat Penelitian yang digunakan adalah Magnet Permanen, Timbangan Digital, Spatula, Gelas Beker, Cawan, Penyaring 100 Mesh, Termometer, Pipet Tetes, Substrat Kaca, Lumpang dan Alu, Magnetic Stirrer, Spin Coating. Bahan Penelitian yang digunakan adalah Bijih Besi, Aquabidest, Tepung, Etylen Glycol, Asam Oksalat, Asam Nitrat (Nitric Acid), Asam Sitrat, THF (Tetrahydrofuran), Polyvinylidene Fluoride (PVDF). Selanjutnya Alat Karakterisasi yang digunakan dalam penelitian adalah XRD (X-ray diffraction), FTIR (Fourier Transform Infra Red) dan FPP (Four Point Probe). XRD dan FTIR adalah sebagai data pendukung dalam penelitian ini. XRD untuk mengetahui benak kristal, mengetahui nilai sudut 2θ yang terbentuk, dan memastikan MnFe_2O_4 dan PVDF ada di dalam nanokomposit $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$, FTIR untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk. Selanjutnya Alat Karakterisasi menggunakan FPP untuk mengetahui sifat listrik dari bahan sehingga diketahui nilai resistivitas dan konduktivitas. Selanjutnya tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini.

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Tahap Persiapan Sampel

Bijih besi yang baru di ambil dari alam di Sangir, Kabupaten Solok Selatan dihaluskan terlebih dahulu dengan menumbuk dan menggiling bijih besi menjadi pasir besi. Bijih besi yang telah dihaluskan, kemudian dilakukan pemurnian dengan cara ditarik menggunakan magnet sebanyak 30 kali, lalu menyaring bijih besi dengan penyaring 100 Mesh (0,149 nm) kemudian dicuci dengan Aquabidest, dan dikeringkan. Kemudian ditarik dengan magnet permanen sebanyak 20 kali, lalu dihaluskan dengan HEM – E3D, maka di dapatkan pasir besi dalam ukuran nano.

2. Tahap Pembuatan Prekursor

Dalam pembuatan prekursor bijih besi Fe_3O_4 pasir besi dipreparasi menggunakan metode *spin coating* dengan prekursor $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ dilakukan pada suhu 110 °C dengan mereaksikan 3,48 gr Fe dan 0,9 gr asam oksalat ($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$) dengan asam nitrat (HNO_3) sebanyak 8,4 ml kemudian di Stirrer selama 20 menit dengan memasukkan semua bahan tersebut ke dalam Gelas Beker dengan kecepatan 250 rpm menggunakan Magnetic Stirrer. Mencampurkan Prekursor yang dihasilkan dengan 28,5 ml *ethylene glycol*, kemudian dimasukan ke dalam gelas beaker. Selanjutnya larutan dipanaskan pada suhu 80 °C dengan kecepatan konstan 250 rpm selama 2 jam menggunakan Magnetic Stirrer. Setelah selesai, maka hasilnya akan seperti gel, yang kemudian digunakan untuk proses pembuatan Prekursor MnFe_2O_4 .

Selanjutnya, mencampurkan dengan memasukkan pasir mangan sebanyak 9,1667 gr ditambahkan larutan prekursor bijih besi sebanyak 42 ml, kemudian dimasukkan kedalam Gelas Beker di *stirrer* dengan *Magnetic Stirrer* selama 1 jam dengan Kecepatan 375 rpm pada suhu 70 °C di lemari asam. Lalu, memasukkan larutan sebanyak 46,2 ml ditambahkan asam sitrat sebanyak 57,6 gr ke dalam Gelas Beker. Kemudian, *Stirrer* dengan *Magnetic Stirrer* selama 1 jam dengan Kecepatan 375 rpm pada suhu 70 °C di lemari asam. Setelah itu, larutan MnFe_2O_4 yang dihasilkan, di cuci dengan menambahkan larutan aquabidest selama 1 jam pada ultrasonic, setelah di cuci dan di keringkan, masukkan ke dalam oven dengan suhu 120 °C selama 24 jam.

3. Tahap Pembuatan Nanokomposit $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$

Dalam pembuatan nanokomposit $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$ larutan pertama dengan mencampurkan PVDF yang ditimbang dengan Timbangan Digital sebanyak 3 gr dengan THF sebanyak 20 ml, dan di tambahkan 1 *Magnetic Bar*. Kemudian, memasukkan semua bahan ke dalam Gelas Beker, lalu di *Stirrer* dengan alat *Magnetic Stirrer* pada suhu 60 °C dengan Kecepatan 250 rpm di lemari asam. Setelah itu, membuat larutan kedua dengan memasukkan larutan MnFe_2O_4 yang ditimbang dengan Timbangan Digital sebesar 3 gr, THF sebanyak 70 ml dan 1 *Magnetic Bar*. Kemudian di *Stirrer* dengan alat *Magnetic Stirrer* pada suhu 60 °C dengan Kecepatan 250 rpm di lemari asam. Kedua larutan dengan waktu yang sama selama 2 jam.

4. Tahap Penumbuhan Lapisan Tipis Nanokomposit $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$

Dalam penumbuhan lapisan tipis nanokomposit $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$ larutan yang sudah berbentuk gel diteteskan diatas Kaca Preparat berukuran 0,5cm x 0,5cm dan 1cm x 1cm, menggunakan Pipet Tetes yang diletakkan didalam alat *Spin Coating*. Kemudian menghidupkan alat *Spin Coating* selama 60 detik dengan kecepatan 3000 rpm. Laju *Spin Coating* ini sesuai dengan penelitian sebelumnya oleh^[18]. Lama waktu *Spin Coating* ini sesuai dengan penelitian sebelumnya oleh^[19].

5. Tahap Pengeringan Lapisan Tipis Nanokomposit $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$

Lapisan tipis nanokomposit $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$ hasil *Spin Coating* dimasukkan kedalam *Oven*. Dipanaskan selama 30 menit pada suhu 60 °C dan menghasilkan sampel yang kering, namun kandungan zat pada sampel tersebut masih bagus yaitu sekitar 0,21 gr^[20]. Tujuan dilakukan pengeringan lapisan tipis Nanokomposit $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$ ini adalah untuk mempererat ikatan lapisan tipis Nanokomposit $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$ dengan substratnya yaitu Kaca Preparat tanpa menghilangkan kandungan nanokomposit $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$ di dalamnya.

6. Tahap Karakterisasi

Sampel lapisan tipis MnFe₂O₄/ PVDF di Karakterisasi menggunakan XRD (*X-ray diffraction*) untuk mengetahui ukuran partikel MnFe₂O₄, struktur kristal dan memastikan Mn, Fe dan PVDF ada di dalam lapisan tipis nanokomposit MnFe₂O₄/ PVDF. Semua bahan yang mengandung kristal tertentu ketika dianalisa menggunakan XRD akan memunculkan puncak-puncak yang spesifik, kemudian menggunakan FTIR (*Fourier Transformed Infrared*) untuk mendeteksi gugus fungsi, mengidentifikasi senyawa dan menganalisis campuran dari sampel yang dianalisis tanpa merusak sampel, dan Karakterisasi menggunakan FPP (*Four Point Probe*) digunakan untuk menguji sifat listrik dari suatu bahan, dari hasil pengujian menggunakan metoda *Four Point Probe* ini didapatkan nilai tegangan dan arus dari suatu bahan tersebut. Data tersebut kemudian diolah sehingga didapatkan nilai resistivitas dan konduktivitas dari suatu bahan tersebut.

7. Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dilakukan dengan teknik pengumpulan data langsung dan pengumpulan data tidak langsung. Data yang diperoleh secara langsung adalah nilai intensitas dari 2θ menggunakan alat uji karakterisasi XRD, untuk mendeteksi gugus fungsi, mengidentifikasi senyawa dan menganalisis campuran dari sampel yang dianalisis tanpa merusak sampel menggunakan alat uji karakterisasi FTIR, sedangkan untuk mengetahui sifat listriknya maka digunakan alat ukur *Four Point Probe* yang berfungsi untuk menguji sifat listrik dari suatu bahan, dari hasil pengujian menggunakan metoda *Four Point Probe* ini didapatkan nilai resistivitas dan konduktivitas dari suatu bahan tersebut.

8. Tahap Analisis Data

Berdasarkan Data Karakterisasi menggunakan XRD dengan menganalisa struktur kristal dan ukuran Kristal dari lapisan tipis MnFe₂O₄ / PVDF. Langkah-langkah yang ditempuh dalam analisis data adalah sebagai berikut :

- Berdasarkan harga sudut 2θ dan I yang diperoleh dalam karakterisasi menggunakan XRD dianalisis struktur kristal dari lapisan tipis MnFe₂O₄ / PVDF. Informasi sistem kristal dan parameter kisi didapatkan dari hasil analisis pola difraksi menggunakan *Software HighScore Plus*.
- Berdasarkan nilai FWHM untuk setiap puncak pada grafik yang diperoleh dalam karakterisasi menggunakan XRD, dapat dihitung ukuran butir kristal lapisan tipis magnetit menggunakan persamaan *Scherrer*.

$$D = K \frac{\lambda}{B \cos \theta} \quad (3)$$

D adalah ukuran butir kristal (\AA),
K adalah konstanta dengan nilai 0,9,

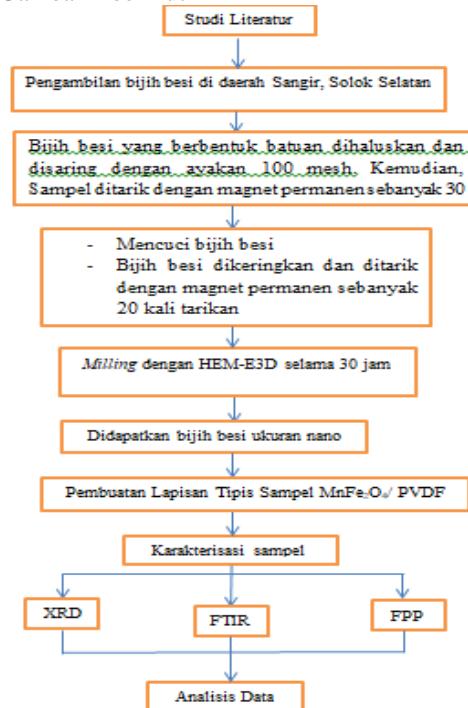
λ adalah panjang gelombang sinar-X bernilai 1,541874 \AA

B adalah lebar setengah puncak maksimum FWHM (rad), dan

θ adalah sudut bragg (0).

c. Karakterisasi FTIR dilakukan untuk mengidentifikasi jenis ikatan-ikatan kimia molekul dengan cara memproduksikan spektrum serapan infra merah yang mirip dengan “sidik jari” molekul. Spektrum yang dihasilkan merepresentasikan absorbansi dan transmitansi molekular yang menghasilkan suatu sidik jari molekular dari suatu sampel.

d. Karakterisasi menggunakan alat FPP untuk mengetahui analisis sifat listrik yaitu nilai resistivitas dan konduktivitas dari suatu bahan dapat diukur dengan menggunakan metoda empat *probe*. Pengukurannya dengan menggunakan empat *probe* dengan jarak probenya 0.2 cm, *probe* 1 dan *probe* 4 dihubungkan ke multimeter digital *probe* 2 dan 3 dihubungkan ke multimeter digital. Disebut empat *probe* karena ada empat titik kontak sampel. Keempat titik kontak (*probe*) ini memiliki jarak yang sama antara *probe*. Dari penjelasan metode penelitian diatas, berikut ditunjukkan diagram alir penelitian ini pada Gambar 2 berikut



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

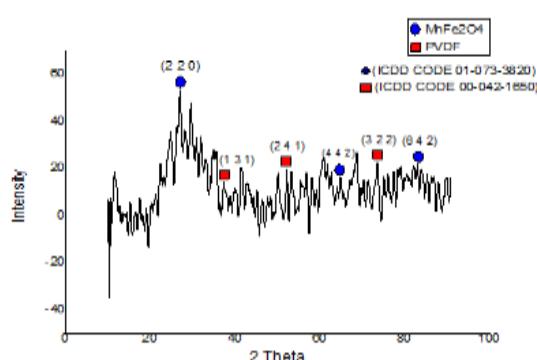
A. Data Pendukung Penelitian

Hasil karakterisasi menggunakan XRD dan FTIR adalah sebagai data pendukung dalam penelitian ini. Pada hasil karakterisasi XRD nanokomposit MnFe₂O₄ / PVDF menunjukkan bahwa

adanya terdapat puncak MnFe₂O₄ dan PVDF yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini

1. XRD

Hasil Karakterisasi menggunakan XRD Nanokomposit MnFe₂O₄/ PVDF pada variasi komposisi 75% : 25% terlihat pada Gambar 3 berikut



Gambar 3. Pola Difraksi Nanokomposit dengan Variasi Komposisi MnFe₂O₄/PVDF 75% : 25%

Pada Gambar 38 memperlihatkan 3 puncak MnFe₂O₄ dan 3 puncak PVDF. Data pengukuran pola difraksi nanokomposit MnFe₂O₄ dalam PVDF dengan variasi komposisi 75% : 25% didapat dengan bantuan software *HighScore plus* dapat dilihat pada Tabel 1.

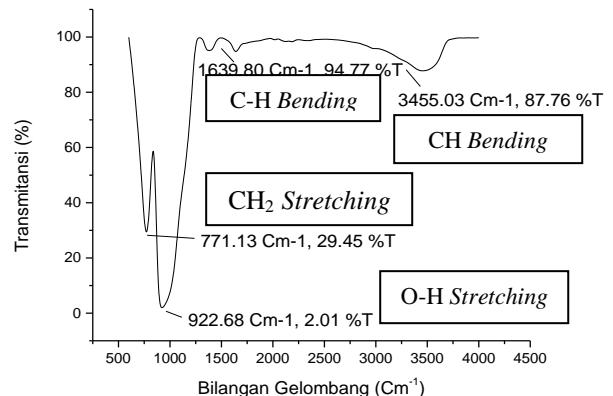
Tabel 1. Data Tiap Puncak Intensitas Signifikan Pola Difraksi Pada Variasi Komposisi 75% : 25%

Puncak	Sudut 2θ (°)	Zat	Intensitas (a.u)	FWHM	Indeks Miller	Bentuk Kristal
1	28,2651	MnFe ₂ O ₄	36,0804	0,6140 ^a	(220)	Cubic
2	38,1711	PVDF	9,3304	0,4093 ^a	(131)	Monoclinic
3	56,8651	PVDF	18,0624	0,4602 ^a	(241)	Monoclinic
4	65,0551	MnFe ₂ O ₄	15,3635	0,4093 ^a	(442)	Cubic
5	73,6091	PVDF	22,6302	0,5628 ^a	(322)	Monoclinic
6	84,0351	MnFe ₂ O ₄	19,5698	0,5117 ^a	(642)	Cubic

Dari Tabel 1 dapat disimpulkan bahwa hasil karakterisasi XRD untuk Nanokomposit MnFe₂O₄/ PVDF dengan variasi komposisi 75% : 25% adalah memiliki 3 puncak MnFe₂O₄ dan 3 puncak PVDF. Seluruh puncak PVDF memiliki bentuk Kristal *monoclinic* dan seluruh puncak MnFe₂O₄ memiliki bentuk kristal *cubic*.

2. FTIR

Hasil Karakterisasi menggunakan FTIR dari Nanokomposit MnFe₂O₄/ PVDF pada variasi komposisi 75% : 25% terlihat pada Gambar 4



Gambar 4. Hasil Karakterisasi FTIR Nanokomposit MnFe₂O₄/ PVDF pada variasi komposisi 75% : 25%

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat nilai bilangan gelombang, nilai *transmitansi* dan gugus fungsi. Berikut ini data hasil karakterisasi FTIR Nanokomposit MnFe₂O₄/ PVDF pada variasi komposisi 25% : 75%

Tabel 2. Data hasil Karakterisasi FTIR untuk Nanokomposit MnFe₂O₄/ PVDF dengan variasi komposisi 75% : 25%

Bilangan Gelombang 922,68 cm ⁻¹	Transmittansi ($\frac{It}{Io}$) 2,01 %	Absorbansi (100-T) 97,99 %	Gugus Fungsi O-H stretching (nilai gugus fungsi MnFe ₂ O ₄)
771,13 cm ⁻¹	29,45 %	70,55 %	CH ₂ stretching (nilai gugus fungsi PVDF)
1639,80 cm ⁻¹	94,77 %	5,23 %	C-H bending (nilai gugus fungsi MnFe ₂ O ₄)
3455,03 cm ⁻¹	87,76 %	12,24 %	C-H bending (nilai gugus fungsi MnFe ₂ O ₄)

Berdasarkan Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa hasil karakterisasi FTIR (*Fourier Transformed Infrared*) menunjukkan bilangan gelombang, *transmittansi*, *absorbansi* dan gugus fungsi. *Transmittansi* adalah fraksi antara Intensitas keluar terhadap Intensitas masuk ($\frac{It}{Io}$). Nilai *Absorbansi* berasal dari 100 – T, dimana T adalah nilai *Transmittansi* dan gugus fungsi O-H stretching (nilai gugus fungsi MnFe₂O₄), CH₂ stretching (nilai gugus fungsi PVDF), C-H bending (nilai gugus fungsi MnFe₂O₄), CH₂ stretching (nilai gugus fungsi PVDF).

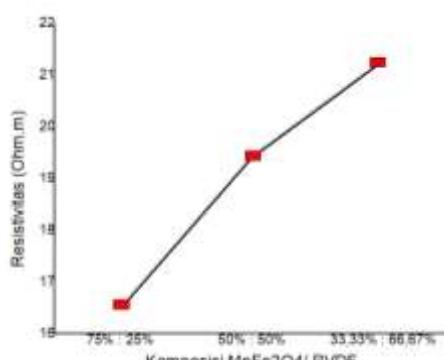
B. Data Hasil Penelitian

Data pengujian Karakterisasi Sifat Listrik Nanokomposit MnFe₂O₄/ PVDF menggunakan FPP (*Four Point Probe*) untuk mengetahui Sifat Listrik dari bahan sehingga diketahui harga Resistivitas dan Konduktivitas. Berikut ini dapat dilihat data hasil pengukuran harga Resistivitas dengan MnFe₂O₄ makin kecil dibandingkan PVDF

Tabel 3. Data Hasil Pengukuran Harga Resistivitas dengan MnFe₂O₄ makin kecil dibandingkan PVDF

Komposisi MnFe ₂ O ₄ / PVDF	Resistivitas (Ohm.m)
75% : 25%	16,478
50% : 50%	19,396
33,33% : 66,67%	21,264

Pada Tabel 3 dapat dilihat hasil pengukuran sifat listrik nanokomposit MnFe₂O₄/ PVDF untuk harga resistivitas dengan MnFe₂O₄ makin kecil dibandingkan PVDF menggunakan alat FPP. Dari pengukuran tersebut didapatkan jika komposisi MnFe₂O₄ makin kecil dibandingkan PVDF maka harga resistivitasnya semakin besar. Gambar 5 merupakan harga resistivitas MnFe₂O₄/ PVDF dengan MnFe₂O₄ makin kecil dibandingkan PVDF



Gambar 5. Harga Resistivitas MnFe₂O₄/ PVDF

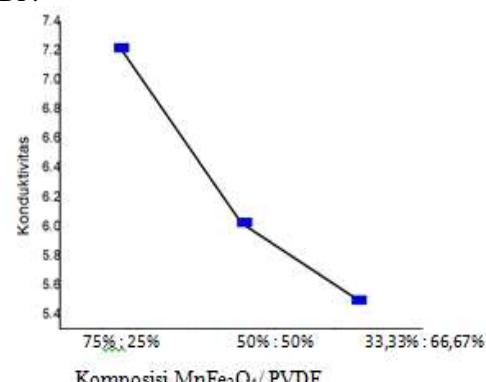
Berdasarkan Gambar 5 dapat diketahui harga resistivitas MnFe₂O₄/ PVDF jika komposisi MnFe₂O₄ makin kecil dibandingkan PVDF maka nilai resistivitas yang didapatkan semakin besar. Selanjutnya untuk nilai Konduktivitas ditunjukkan pada tabel dibawah ini

Tabel 4. Data Hasil Pengukuran harga Konduktivitas dengan MnFe₂O₄ makin kecil dibandingkan PVDF

Komposisi MnFe ₂ O ₄ / PVDF	Konduktivitas (Ohm.m) ⁻¹
75% : 25%	7,211
50% : 50%	6,023
33,33% : 66,67%	5,482

Pada Tabel 4 dapat dilihat hasil pengukuran sifat listrik Nanokomposit MnFe₂O₄/ PVDF untuk harga konduktivitas dengan MnFe₂O₄ makin kecil dibandingkan PVDF menggunakan alat FPP. Dari pengukuran tersebut didapatkan jika komposisi MnFe₂O₄ makin kecil dibandingkan PVDF maka

nilai Konduktivitas yang didapatkan semakin kecil. Berikut Gambar 6 merupakan harga konduktivitas pada komposisi MnFe₂O₄ makin kecil dibandingkan PVDF.



Gambar 6. Harga Konduktivitas MnFe₂O₄/ PVDF

Berdasarkan Gambar 6 dapat diketahui harga konduktivitas MnFe₂O₄/ PVDF jika komposisi MnFe₂O₄ makin kecil dibandingkan PVDF maka nilai Konduktivitas yang didapatkan semakin kecil. Jadi dapat disimpulkan hasil Karakterisasi menggunakan FPP menunjukkan jika komposisi MnFe₂O₄ makin kecil dibandingkan PVDF maka harga resistivitasnya semakin besar dan konduktivitanya semakin kecil.

B. Pembahasan

Nanokomposit MnFe₂O₄/ PVDF dikarakterisasi menggunakan *X-ray Diffraction*(XRD) untuk mengetahui bentuk kristal, mengetahui nilai sudut 2θ yang terbentuk, dan memastikan MnFe₂O₄ dan PVDF ada di dalam nanokomposit MnFe₂O₄/ PVDF, *Fourier Transformed Infrared* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk dan *Four Point Probe* (FPP) untuk mengetahui sifat listrik dari bahan sehingga diketahui nilai resistivitas dan konduktivitas. Karakterisasi menggunakan XRD dan FTIR disini ialah sebagai data pendukung pada penelitian ini.

Hasil karakterisasi menggunakan XRD menunjukkan bahwa MnFe₂O₄ dan PVDF sudah terdapat pada Nanokomposit MnFe₂O₄/ PVDF yang terlihat pada puncak-puncak difraksi, pada gambar 3 diatas MnFe₂O₄ ditandai dengan warna biru dan PVDF ditandai dengan warna merah. Pada masing-masing zat terdapat beberapa puncak yang memiliki sudut 2θ , nilai Intensitas, Nilai FWHM, Indeks Miller dan Bentuk Kristal yang berbeda-beda. Bentuk Kristal dari PVDF adalah *Monoclinic* dan bentuk Kristal dari MnFe₂O₄ adalah *cubic*. Selain perbedaan puncak yang dihasilkan juga adanya perbedaan antara intensitas dan lebar puncak dari sudut-sudut difraksi yang dihasilkan. Perbedaan intensitas dan lebar puncak dari sudut difraksi diakibatkan karena adanya perubahan ukuran kristal yang dihasilkan pada masing-masing variasi komposisi MnFe₂O₄/ PVDF.

Hasil karakterisasi menggunakan FTIR diketahui bahwa MnFe₂O₄ berhasil berikatan dengan PVDF yang ditunjukkan pada pita serapan dengan berbagai jenis ikatan, dimana Fe-O merupakan Gugus Fungsi MnFe₂O₄ dan CH₂ merupakan gugus fungsi PVDF^[21]. Kemudian terdapat Bilangan Gelombang, *Transmitansi* (fraksi antara Intensitas keluar terhadap Intensitas masuk ($\frac{I_t}{I_0}$)), *Absorbansi* (penyerapan sebesar 100-T, T atau *Transmitansi*).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan hasil Karakterisasi menggunakan FPP pada Pengujian Sifat Listrik Nanokomposit MnFe₂O₄/PVDF didapatkan nilai resistivitas dan konduktivitas dengan komposisi 75% : 25%; 50% : 50% dan 33,33% : 66,67%. Dapat disimpulkan jika komposisi MnFe₂O₄ makin kecil dibandingkan komposisi PVDF maka harga resistivitasnya semakin besar dan harga konduktivitasnya semakin kecil. Dimana, dalam teori yang dikemukakan oleh Suyoso, 2003 bahwa nilai resistivitas berbanding terbalik dengan nilai konduktivitas^[22].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Rahmi dkk, 2018 mengenai pengaruh komposisi Fe₃O₄ dan PVDF terhadap konduktivitas didapatkan semakin besar komposisi matriks yang digunakan maka semakin besar konduktivitas listrik yang dihasilkan. Pernyataan Rahmi, dkk tersebut juga sesuai dengan penelitian Vegunopal, 2014 yang mengatakan bahwa semakin besar komposisi matriks (PVDF) maka akan semakin besar pula nilai konduktivitas listriknya. Semakin besarnya nilai konduktivitas karena besarnya komposisi matriksnya membuktikan bahwa percobaan telah sesuai dengan teori. Selanjutnya, untuk nilai Resistivitas, pada jurnal penelitian yang telah dilakukan oleh Rahmi, 2018 Semakin besar nilai matriksnya maka nilai resistivitasnya akan semakin menurun.

KESIMPULAN

Pada penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan hasil sifat listrik nanokomposit MnFe₂O₄/PVDF yang telah dipreparasi dengan metode *spin coating*. Dari karakterisasi menggunakan XRD sebagai data pendukung pada penelitian ini menunjukkan bahwa bentuk Kristal *Monoclinic* untuk zat PVDF dan *cubic* untuk zat MnFe₂O₄, dari 3 komposisi MnFe₂O₄/ PVDF yang digunakan didapatkan nilai sudut 2θ yang terbentuk ialah semakin besar dan dari hasil XRD didapatkan bahwa MnFe₂O₄ dan PVDF sudah terdapat pada Nanokomposit MnFe₂O₄/ PVDF yang terlihat pada puncak-puncak difraksi. Hasil karakterisasi menggunakan FTIR dapat diketahui bahwa MnFe₂O₄ berhasil berikatan dengan PVDF yang ditunjukkan pada pita serapan dengan berbagai jenis ikatan dimana Fe-O merupakan Gugus Fungsi MnFe₂O₄ dan CH₂ merupakan gugus fungsi PVDF. Hasil karakterisasi menggunakan FPP menunjukkan jika komposisi MnFe₂O₄ semakin besar dan komposisi

PVDF semakin kecil maka nilai resistivitas semakin kecil dan nilai konduktivitas semakin besar

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sugianti, Rigid., Ramli dan Ratnawulan. 2019. Analisis Sifat Magnetik Nanokomposit CoFe2O4/PANI Yang Disintesis Dengan Metoda Sol-Gel. Pillar of Physics, Vol. 12 No. 1, April 2019, 30 - 37
- [2] Uma, S.S., Sharma, R.N., dan Rashmi, S. 2014. *Physical and Magnetic Properties of Manganese Ferrite Nanoparticles*. International Journal of Engineering Research and Applications. ISSN : 2248-9622, Vol. 4, Issue 8(Version 2), August 2014, pp.14-17
- [3] Zen, N. A, Widanarto, W, Cahyanto, W. T. 2014. Karakterisasi Struktur dan Sifat Magnetik *Manganese Ferrite* sebagai Bahan Magnet Permanen Isotropik. Program Studi Fisika, Universitas Jenderal Soedirman.
- [4] Jayalakshmi, M. 2008. *Simple Capacitor To Supercapacitors*. Int. J. Electrochem Sci. Vol3. Hal1196- 1217
- [5] Karthikeyan, K. 2009. *Synthesis And Characterization Of Znco2o4 Nanomaterial For Symmetric Supercapacitor Applications*. Ionics.
- [6] Karokaro, A., Suharpiyu, M. Febri., Mujamillah, E. Yulianti, S. Purwanto., Ridwan., Sudirman. 2002. Aplikasi Resin Poliester Dan Epoksi Dalam Pengembangan Rigid Bonded Agnet. *Jurnal Sains Materi Indonesia* Vol .3 No.2. Tangerang: Puslitbang Iptek Bahan (P3IB) BATAN
- [7] Burke, A. 2000. Ultracapacitors: why, how, and where is the technology. *Journal of Power Sources* 91 (1): 37-50
- [8] Sahay, Kuldeep. 2009. *Supercapacitor Energy Storage System For Power Quality Improvement*. J. Electrical systems Vol. X Hal 1-8
- [9] Ganesh, V. 2006. *New Symmetric and Asymmetric Supercapacitors Beside On High Surface Area Porous Nickel dan Activated Carbon*. PowerSources. Vol.158 Hal 1-43.
- [10] Rahmi., Ramli, dan Darvina, Yenni. 2018. Analisis Sifat Listrik Nanokomposit Fe3O4/PVDF yang Disintesis Dengan Metoda Sol-Gel Untuk Aplikasi Elektroda Baterai Litium Ion. Pillar Of Physics, Vol. 11 No. 2, Oktober 2018, 73-80.
- [11] Vegunopal. AP., Cespedes O., Russell. Controlling Dielectric and Magnetic Properties of PVDF Magnetite Nanocomposit Fiber Web. Internasional Journal of Polymer Sains Volume 2014, artikel id 102946. 2014
- [12] Naat, Jhonson Nune, dkk. 2014. Pengaruh Kecepatan Putar Deposisi Terhadap

- Struktur Kristal Ketebalan Dan Morfologi Lapisan Tipis Timbal Zirkonat Titanat (Pzt) Dengan Metode SpinCoater. *Chimica et Natura Acta Vol.2 No.2, Agustus 2014:115-119*
- [13] Murti, Fitria., Ramli., dan Darvina, Yeni. 2017. Analisis Sifat Listrik Lapisan tipis Fe_3O_4 yang dipreparasi dari Pasir Besi Pantai Tiram Kabupaten Padang Pariaman Sumatera Barat dengan Metoda Sol-Gel Spin Coating. Pillar Of Physics, Vol.10. Oktober 2017, 31-38.
- [14] Mafahir, Lim Abdul. 2005. Pengaruh Suhu Substrat Terhadap SifatListrik Bahan Semikonduktor Lapisan Tipis Pbs, Pbse, Pbte Hasil Preparasi Dengan Teknik Vakum Evaporasi. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- [15] Rianto, D., Yulfriska, N., Murti, F., Hidayati, H., Ramli, R. 2018. *Analysis of Crystal Structure of Fe₃O₄ Thin Films Based On Iron Sand Growth by Spin Coating Method*. ICOMSET. IOP Conf. Series : Materials Science and Engineering 335 012012. doi:10. 1088/1757-899x/335/1/012012.
- [16] Hidayat, S. A., Rokhmat, M, Qurthobi, A. 2014 Pengaruh Suhu dan Kecepatan Putar *Spin Coating* Terhadap Kinerja Sel Surya Organik Berbahan Dasar TiO₂. Bandung : Universitas Telkom.
- [17] Ramli., Jonuarti, R., Hartono, A. 2017. Analisis Struktur Nano dari Lapisan Tipis cobalt Ferrite Yang Dipreparasi dengan Metode Sputtering. Eksakta Vol.18 No. 1
- [18] Aldy Satria Hidayat, dkk. 2014. Pengaruh Suhu dan Kecepatan Putar *Spin Coating* Terhadap Kinerja Sel Surya Organik Berbahan Dasar TiO₂. e-Proceeding of Engineering : Vol. 1, No.1 Desember 2014; 497-510.
- [19] Eken, A. E., Ozenbas, M. 2009. Characterization of nanostructured magnetite thinfilms produced by sol-gel processing. Journal Sol-Gel Sci Technol. 50:321–327.
- [20] Maria, dkk. 2010. *Pengaruh Cara Pengeringan Oven dan Microwave Terhadap perolehan Kadar Senyawa Fenolat dan Daya Anti Oksidan dari daun Jambu Biji (Psidifolium)*. Jurnal Farmasi Higen. Vol; 2. No.1. 2010; 19-26.
- [21] Askia, Ratih., Ramli., Gusnedi dan Ratnawulan. 2019. Pengaruh Komposisi Terhadap Struktur Mikro dari Nanokomposit MnFe₂O₄/PVDF Yang Disintesis Dengan Metode Sol-Gel Spin Coating. Pillar Of Physics, Vol. 12 No. 12, Desember 2019.
- [22] Suyoso. (2003). Listrik Magnet. Yogyakarta: FMIPA UNY.