

PENGARUH KOMPOSISI $MnFe_2O_4$ TERHADAP SIFAT MAGNETIK NANOKOMPOSIT $MnFe_2O_4$ / PVDF YANG DI PREPARASI DENGAN METODE *SPIN COATING*

Romizah Marta¹⁾, Yenni Darvina²⁾, Ramli²⁾, Desnita²⁾

¹⁾ Mahasiswa Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang

²⁾ Staff Pengajar Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang

Jl. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Barat, Padang 25131

romizah.marta@gmail.com ydarvina@fmipa.unp.ac.id

ramli@fmipa.unp.ac.id desywnadil@gmail.com

ABSTRACT

Now is the age of the "Internet of things", where physical devices are able to exchange information between information sources connected to the system. To build a system, it takes a components device which in the manufacturing process is made into Nanocomposites. In this research, the materials used as Nanocomposites are Manganese ferrite ($MnFe_2O_4$) and Polyvinilidene Flouride (PVDF). Then the method used is the Spin Coating. The Spin Coating Method is used to grow a thin layer of $MnFe_2O_4$ / PVDF Nanocomposites. In the process of making Nanocomposites, Manganese and Iron are used as precursors. In this research, researcher used five variations of the composition of $MnFe_2O_4$ / PVDF Nanocomposites, namely 25% : 75%, 33.33% : 66.67%, 50% : 50%, 66.67% : 33.33% and 75% : 25%. There are three characterization tools used in this research namely XRD, FTIR and VSM. The results of XRD characterization as supporting data in this research show each peak has a different angle of 2θ , intensity, FWHM value and Miller Index. Crystal form of PVDF is Monoclinic and Crystal form of $MnFe_2O_4$ is Cubic. The results of FTIR characterization as supporting data found two functional groups, namely Fe-O and CH_2 . For Fe-O is the $MnFe_2O_4$ Function Group, and CH_2 is the PVDF Function Group or $(C_2H_2F_2)_n$. The results of the characterization of VSM as the results of the study show the relationship between the variation of the composition of the $MnFe_2O_4$ / PVDF Nanocomposites with Saturation Magnetization which tends to decrease which is worth 2.07 at 25% : 75% composition, 1.11 at 33.33% : 66.67% composition, 1 at 50% : 50% composition, 1.54 at 66.67% : 33.33% composition and 1.09 at 75% : 25% composition. The same result also occurs in the relationship of composition variation with Remanent Magnetization, which is worth 0.37 at 25% : 75% composition, 0.35 at 33.33% : 66.67%, 0.47 at 50% : 50% composition, 0.31 at 66.67% : 33.33% composition, 0.25 at 75% : 25% composition. Furthermore, the results of the relationship of variations in the composition of $MnFe_2O_4$ / PVDF nanocomposite with Coercivity is high low Coercivity values. This shows the change in nature from Hard Magnetic to Soft Magnetic. The value of Coercivity is 297.08 at 25% : 75% composition, 144.96 at 33.33% : 66.67% composition, 274.05 at 50% : 50% composition, 300.53 at 66.67% : 33.33% composition and 196.57 at 75% : 25% composition.

Keywords : *Nanocomposites, $MnFe_2O_4$, PVDF, Magnetic Properties, Spin Coating*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi saat ini semakin canggih. Perangkat-perangkat mampu bertukar informasi antar sumber informasi melalui sebuah sistem. Hal yang diperlukan untuk membangun sistem tersebut adalah komponen *device connection*. Contohnya *device* ESP8266 dan Modem USB 4G LTE yaitu *device* untuk menyimpan data dan terhubung WiFi^[1]. WiFi adalah singkatan dari *Wireless Fidelity* yaitu teknologi dimana manusia dapat berkomunikasi, baik secara langsung ataupun tidak langsung menggunakan frekuensi radio^[2].

Disebabkan pentingnya *device* pada era sekarang ini, maka dibutuhkan bahan pembentuk *device*. Bahan tersebut seperti Besi (Fe). Besi berasal dari bijih Besi dalam bentuk Fe_3O_4 atau Fe_2O_3 . Besi memiliki sifat mudah membentuk ikatan koordinasi. Hal tersebut menghasilkan *device* yang bagus dan padat^[3]. Selain itu besi juga memiliki mineral magnetik pada komposisi utamanya^[4]. Karena hal tersebut, Besi dapat dijadikan salah satu bahan dalam pembuatan

device. dimana dalam proses pembuatan tersebut, Besi digabungkan menjadi Nanokomposit.

Nanokomposit terdiri dari dua kata yaitu Nano dan Komposit. Nano yaitu benda berukuran $1,0 \times 10^{-9}$ m. Sedangkan Komposit adalah gabungan dua bahan atau lebih yang terdiri dari Matriks dan Penguat. Matriks adalah bahan pengikat pada Komposit. Penguat adalah bahan yang bertindak sebagai penguat dalam Komposit^[5]. Maka, Nanokomposit adalah gabungan dua bahan atau lebih yang terdiri dari Matriks dan Penguat yang berukuran 1×10^{-9} m.

Berikut adalah penjelasan hasil penelitian tentang Nanokomposit Fe_3O_4 . Hasil dari Lapisan Tipis Nanokomposit Fe_3O_4 / PVDF memiliki sifat *Ferimagnetik* dimana nilai Magnetisasi Saturasinya bertambah seiring dengan bertambahnya konsentrasi Fe_3O_4 dalam sampel lapisan tipis Fe_3O_4 / PVDF^[6]. Namun kelemahannya, sifat *Ferimagnetik* akan tetap termagnetisasi setelah Medan Magnetik Luar dihilangkan. Nilai Magnetisasinya susah kembali ke nilai nol^[7].

Selanjutnya penjelasan hasil penelitian mengenai Nanokomposit CoFe_2O_4 . Hasilnya adalah CoFe_2O_4 memiliki nilai Koersivitas dan Magnetisasi yang tinggi, sehingga tergolong Magnet Keras. Namun kelemahan Nanokomposit ini, memerlukan waktu yang lama dalam menumbuhkan lapisan tipis yang sempurna^[8]. Selanjutnya penjelasan hasil penelitian mengenai Nanokomposit MnFe_2O_4 . Untuk senyawa MnFe_2O_4 , penelitian yang ada mengenai Nanopartikel MnFe_2O_4 .

Disebabkan kelemahan penelitian-penelitian sebelumnya, maka peneliti melakukan inovasi dengan menggunakan MnFe_2O_4 (*Manganese Ferrit*). MnFe_2O_4 memiliki sifat Superparamagnetik yang bermanfaat di bidang Elektronika seperti *microwave device*, chip memori *computer*, *drug deliver*, media penyimpanan data dan *transformer cores*^[9]. Peneliti terfokus pemanfaatan MnFe_2O_4 ini sebagai penyimpanan data pada aplikasi sensor *magnetic* yang berada di dalam *device* ESP8266 dan USB 4G LTE.

Dari hasil penelitian sebelumnya, MnFe_2O_4 tergolong kepada *Soft Magnetic* atau Magnet Lunak yang cocok untuk aplikasi penyimpanan data. Tetapi MnFe_2O_4 mudah mengalami pengumpalan atau *aglomerasi* yang ditandai dengan bentuk kurva loop histeresisnya seperti S landai^[9]. Sehingga untuk mencegah terjadinya pengumpalan MnFe_2O_4 sebagai bahan baku dalam pembuatan sensor *magnetic*, maka peneliti menjadikan MnFe_2O_4 dalam bentuk Nanokomposit dengan polimer PVDF (*polyvinylidene fluoride*). PVDF cocok digunakan dalam penelitian ini karena PVDF merupakan polimer non magnetik yang akan mempertahankan nilai Magnetisasi pada MnFe_2O_4 dan mencegah terjadinya pengumpalan^[10].

Dalam pembuatan Nanokomposit ini, MnFe_2O_4 bertindak sebagai *filler* atau penguat dan PVDF sebagai matriks dalam Nanokomposit. Pada penelitian ini, pembuatan Nanokomposit MnFe_2O_4 / PVDF membutuhkan Bijih Besi dan Bijih Mangan dalam pembuatan prekursor MnFe_2O_4 . Untuk bijih Besi, peneliti mengambilnya dari Kecamatan Sangir, Kabupaten Solok Selatan dengan kandungan mineral magnetik sebesar 91,6%^[11]. Untuk bijih Mangan, peneliti menggunakan produk *Manganese Powder* (Bubuk Mangan) dengan kadar kemurnian (99,5 %) yang sudah berbutir halus dan berukuran Nano keluaran *Merk Chemicals*.

Peneliti menggunakan metode *Spin Coating* karena metode ini menghasilkan sampel yang lebih homogen dan kualitasnya yang semakin sempurna. Caranya adalah peneliti meneteskan larutan Nanokomposit MnFe_2O_4 /PVDF diatas substrat yaitu dari kaca preparat berukuran 1 cm x 1 cm x 1 cm dan 0,5 cm x 0,5 cm x 0,5 cm. Kemudian menggunakan alat *Spin Coater* selama 60 detik dengan kecepatan 3000 rpm (*rotation per minute*). Dari hasil preparasi *Spin Coating*, bisa dianalisis sifat-sifat fisika yang dimilikinya, salah satunya sifat magnetik. Besarnya komposisi mempengaruhi analisa terhadap sifat magnetik yang ada pada Nanokomposit itu. Oleh sebab itu,

peneliti ingin melakukan penelitian mengenai bagaimana pengaruh komposisi MnFe_2O_4 terhadap sifat magnetik Nanokomposit MnFe_2O_4 /PVDF.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini termasuk penelitian eksperimental untuk mengetahui sebab-akibat dari hasil eksperimen. Pelaksanaan penelitian ini mulai bulan Desember 2018 sampai bulan November 2019 yang berlokasi di Laboratorium Jurusan Fisika FMIPA UNP, Laboratorium Jurusan Kimia FMIPA UNP dan Laboratorium Pusat Penelitian Fisika LIPI, Tangerang Selatan. Untuk karakterisasi XRD dilakukan di Laboratorium Jurusan Fisika FMIPA UNP. Untuk karakterisasi FTIR dilakukan di Laboratorium Jurusan Kimia FMIPA UNP. Kemudian untuk karakterisasi VSM dilakukan di Laboratorium Pusat Penelitian Fisika LIPI, Tangerang Selatan.

Dalam penelitian ini ada 3 jenis variabel yaitu Variabel Bebas, Variabel Terikat dan Variabel kontrol. Variabel Bebas penelitian ini adalah lima variasi komposisi Nanokomposit MnFe_2O_4 / PVDF dengan perbandingan MnFe_2O_4 : PVDF yaitu 25% : 75%; 33,33% : 66,67%; 50% : 50%; 66,67% : 33,33%; 75% : 25%^[6]. Variabel Terikat pada penelitian ini adalah Sifat magnet pada Nanokomposit MnFe_2O_4 / PVDF. Selanjutnya Variabel Kontrol dalam penelitian ini adalah kecepatan alat *Spin Coater* yang digunakan yaitu 3000 rpm (*rotation per minutes*) dengan lama waktu 60 detik^[12]. Kemudian kecepatan *Magnetic Stirrer* yaitu 250 rpm^[13]. Lamanya penggilingan/ *milling* dengan HEM untuk bijih besi selama 30 jam, dengan proses siklus *milling* pada HEM yaitu 30 detik dan proses *milling* dihentikan secara otomatis selama 1 menit untuk tujuan pendinginan motor^[14].

Selanjutnya, Alat Penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah *High Energi Milling* (HEM-E3D) dengan tipe Nanotech Indo Esia Paten LIPI, Magnet Permanen dengan tipe *TRUSCO* Ferrite Magnet (with round hole), Timbangan Digital tipe Kern Analytical Balance Aes 220-4, Cawan, *Magnetic Stirrer* tipe MS-088, Penyaring 100 Mesh (0.149 nm), Spatula, Lumpang dan Alu, Termometer Air Raksa, Gelas Beker, Oven Laboratorium tipe *Gallenkamp*, *Spin Coater*, Pipet Tetes, Penjepit dan Ultrasonik.

High Energi Milling (HEM-E3D) berguna untuk memilling sampel bijih besi, sehingga sampel bijih besi yang dimilling selama 30 jam menjadi ukuran nanopartikel. Magnet Permanen berguna dalam pemurnian Bijih Besi^[15]. Timbangan Digital berguna untuk menimbang bahan-bahan yang digunakan pada penelitian. Cawan berguna sebagai tempat mereaksikan bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian. *Magnetic Stirrer* berguna untuk mengaduk dan mencampurkan bahan-bahan penelitian. Penyaring 100 Mesh (0.149 nm) berguna untuk menyaring bahan yang telah dihaluskan agar lebih halus lagi kedalam ukuran nano^[16]. Spatula berguna untuk

mengambil bahan yang akan ditimbang dengan menggunakan timbangan digital. Lumpang dan Alu, berguna untuk menghaluskan bahan-bahan yang belum disaring menggunakan ayakan 100 mesh. Termometer Air Raksa berguna untuk mengukur suhu pada hot plate. Gelas Beker berguna sebagai tempat mencampurkan bahan-bahan penelitian. Oven Laboratorium berguna untuk memanaskan sekaligus menghilangkan kandungan air dari bahan-bahan penelitian. *Spin Coater*, berguna untuk menumbuhkan lapisan tipis Nanokomposit $MnFe_2O_4$ / PVDF di atas substrat kaca saat peneliti menggunakan metode *Spin Coating*. Pipet Tetes, berguna untuk mengambil cairan Nanokomposit $MnFe_2O_4$ / PVDF hasil *Magnetic Stirrer* dalam skala tetesan kecil. Penjepit berguna untuk memindahkan kaca preparat. Ultrasonik berguna untuk memanaskan larutan $MnFe_2O_4$.

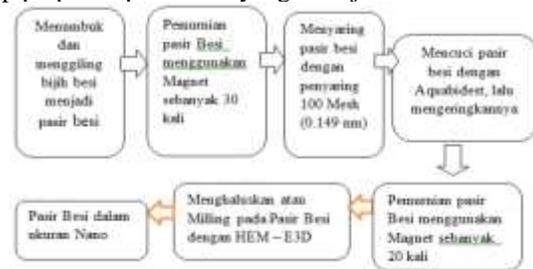
Selanjutnya Bahan Penelitian yang digunakan adalah Bijih Besi, Mangan Oksida, *Aquabidest*, Tepung Tapioka, *Etilen glikol* ($C_2H_6O_2$), *Asam Oksalat* ($H_2C_2O_4$), *Asam Nitrat* (HNO_3), *Asam Sitrat* ($C_6H_8O_7$), *THF* (*Tetrahydrofuran*) (CH_2)₄O, *Amonium Persulfate* ($(NH_4)_2S_2O_8$), *Polyvinylidene Fluoride* (PVDF) ($C_2H_2F_2$)_n, Kaca Preparat ukuran 1 cm x 1cm x 1cm dan 0,5 cm x 0,5 cm x 0,5 cm.

Berikut adalah penjelasan dari masing-masing bahan penelitian yang digunakan. Bijih besi yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Sangir Solok Selatan yang memiliki kandungan mineral magnetik 91,6%. *Mangan Oksida* yang digunakan pada penelitian ini berbentuk *Manganese Powder* (Bubuk Mangan) dengan kadar kemurnian (99,5 %) yang sudah berbutir halus berukuran Nano. *Aquabidest* digunakan untuk mencuci sampel. *Aquabidest* adalah air dari proses destilasi / penyulingan bertingkat (2x proses destilasi / penyulingan) dan mengandung mineral lebih sedikit dari *Aquadest*. Tepung Tapioka memiliki tekstur partikel penyusun mudah terpecah dan kadar air rendah. Berguna untuk membersihkan bola-bola besi dan tempat pasir besi yang akan di *milling* di dalam HEM-E3D. *Etilen glikol* merupakan cairan tidak berwarna, aromanya manis dan beracun. *Asam Oksalat* merupakan asam organik yang relatif kuat, 10.000 kali lebih kuat dari *Asam Asetat*. *Asam Oksalat* ini berbahaya bisa menekan mineralisasi kerangka dan mengurangi berat badan. *Asam Nitrat* bentuknya cairan bening tidak berwarna yang merupakan sejenis cairan korosif beracun yang dapat menyebabkan luka bakar. *Asam Sitrat* merupakan Asam organik lemah yang berguna dalam industry bioteknologi dan obat-obatan. THF merupakan senyawa organik *heterosiklik* dan cairan berviskositas rendah. *Amonium Persulfate* merupakan Senyawa anorganik berbentuk seperti garam yang tak berwarna dan sangat larut dalam air. *Polyvinylidene Fluoride* (PVDF) atau ($C_2H_2F_2$)_n merupakan *Fluoropolymer* termoplastik yang sangat non-reaktif, berbentuk seperti garam putih. Kaca Preparat ukuran 1 cm x 1cm x 1cm dan 0,5 cm x 0,5 cm x 0,5 cm merupakan

substrat, tempat menumbuhkan lapisan tipis Nanokomposit $MnFe_2O_4$ / PVDF.

Selanjutnya Alat Karakterisasi Penelitian yaitu XRD (X-ray Diffraction) tipe X'PERT POWDER PW 30/40 yang berguna mengidentifikasi pola difraksi sinar x dari $MnFe_2O_4$ / PVDF dengan cara menentukan parameter struktur kisi. Kemudian, FTIR (*Spektrofotometer Fourier Transform Infra Red*) berguna untuk mendeteksi struktur molekul senyawa kimia melalui identifikasi gugus fungsi penyusun senyawa dan menunjukkan nilai *Transmitansi* terhadap bilangan gelombang. Kemudian VSM (*Vibrating Sample Magnetometer*) berguna untuk mengetahui sifat magnetik pada Lapisan Tipis Nanokomposit $MnFe_2O_4$ / PVDF.

Setelah menyiapkan Alat Penelitian, Bahan Penelitian dan Alat Karakterisasi penelitian, peneliti melaksanakan proses penelitian. Tahap pertama pelaksanaan penelitian adalah Tahap Preparasi Pasir Besi. Berikut adalah diagram tahap preparasi pasir besi yang ditunjukkan Gambar 1:



Gambar 1. Diagram Tahap Preparasi Pasir Besi

Dari Diagram Tahap Preparasi Pasir Besi seperti yang ditunjukkan Gambar 1 diatas, bisa dilihat proses preparasi pasir besi yaitu langkah pertama, peneliti menumbuk dan menggiling bijih Besi menjadi pasir Besi. Setelah bijih Besi menjadi pasir besi, peneliti melakukan pemurnian pasir Besi menggunakan Magnet sebanyak 30 kali. Caranya adalah mendekatkan magnet ke pasir Besi, lalu dilakukan gerakan memutar searah jarum jam sebanyak 30 kali. Pasir Besi yang tertempel pada Magnet dipisahkan dengan pasir Besi yang tidak tertempel. Pasir Besi yang tertempel pada magnet menandakan adanya kandungan Besi pada pasir tersebut. Setelah itu, peneliti menyaring pasir besi dengan penyaring 100 Mesh (0,149 nm). Hal ini dilakukan agar pasir besi yang dihasilkan lebih halus dari sebelumnya. Setelah itu, mencuci pasir dengan Aquabidest dan mengeringkannya. Tujuan dilakukan mencuci pasir Besi dengan Aquabidest adalah untuk memisahkan pasir besi dengan kotoran-kotoran lain yang tertempel di pasir tersebut. Setelah itu, peneliti melakukan pemurnian pasir Besi kembali dengan menggunakan Magnet sebanyak 20 kali. Selanjutnya, peneliti menghaluskan atau Milling pasir Besi dengan alat HEM-E3D. Hal ini dilakukan selama 30 jam di Laboratorium Fisika Material untuk menghasilkan pasir besi dalam ukuran Nano. Setelah 30 jam memilling pasir Besi. Barulah didapatkan pasir Besi dalam ukuran

Nano. Pasir Besi ini yang kemudian akan dijadikan precursor.

Tahap kedua dalam pelaksanaan penelitian adalah Tahap Pembuatan Prekursor. Tahap pembuatan prekursor pada penelitian ini ada dua yaitu pembuatan prekursor pasir Besi dan Pembuatan Prekursor $MnFe_2O_4$

Pada proses pembuatan Prekursor pasir Besi ini dua kali melakukan *Stirrer*. Untuk *Stirrer* pertama, peneliti menyiapkan bahan-bahan yang dibutuhkan seperti pasir besi (Fe) sebanyak 6,96 gr, Asam Oksalat sebanyak 1,8 gr, Asam Nitrat sebanyak 16,8 ml dan 1 buah Magnetik Bar. Semua bahan di masukkan ke dalam gelas Beker di *Stirrer* selama 20 menit pada suhu 110 °C dengan alat *magnetic stirrer* dan kecepatannya 250 rpm, di Lemari Asam. Selanjutnya, untuk *Stirrer* kedua, peneliti mencampurkan larutan hasil *Stirrer* pertama dengan Etilen Glikol glikol sebanyak 57 ml dalam gelas Beker, kemudian di *Stirrer* selama 2 jam pada suhu 80 °C dengan alat *magnetic stirrer* dengan kecepatan 250 rpm di Lemari Asam^[14].

Pada proses pembuatan Prekursor $MnFe_2O_4$. Pertama, peneliti membuat Larutan dengan memasukkan Pasir Mangan sebanyak 9,1667 gr di campur dengan larutan prekursor bijih besi sebanyak 42 ml ke dalam gelas Beker. Kemudian di *Stirrer* dengan *magnetic stirrer* selama 1 jam dengan kecepatan 375 rpm pada suhu 70 °C di Lemari Asam. Setelah selesai di *Stirrer*, peneliti menggunakan larutan ini sebanyak 46,2 ml dan mencampurkannya dengan Asam Sitrat sebanyak 57,6 gr. Kemudian di *Stirrer* kembali dengan *magnetic stirrer* selama 1 jam dengan kecepatan 375 rpm pada suhu 70 °C di Lemari Asam.

Setelah selesai akan didapatkan larutan $MnFe_2O_4$. Lalu, peneliti mencuci larutan tersebut dengan menambahkan larutan Aquabidest selama 1 jam pada alat ultrasonik. Selanjutnya peneliti memasukkan larutan tersebut kedalam oven dengan suhu 120 °C selama 24 jam.

Setelah Tahap pembuatan prekursor selesai, peneliti melakukan Tahap ketiga dalam pelaksanaan penelitian. Tahap tersebut adalah Tahap Pembuatan Nanokomposit $MnFe_2O_4 / PVDF$. Pada tahap ini, peneliti membuat dua larutan yaitu Larutan pertama dan Larutan kedua. Pada Larutan pertama, peneliti mencampurkan PVDF yang telah ditimbang sebesar 3 gr dengan THF sebanyak 20 ml serta satu buah *Magnetic Bar* ke dalam Gelas Beker. Kemudian, di *Stirrer* dengan alat *Magnetic Stirrer* dengan suhu 60 °C dengan kecepatan 250 rpm di Lemari Asam selama 2 jam.

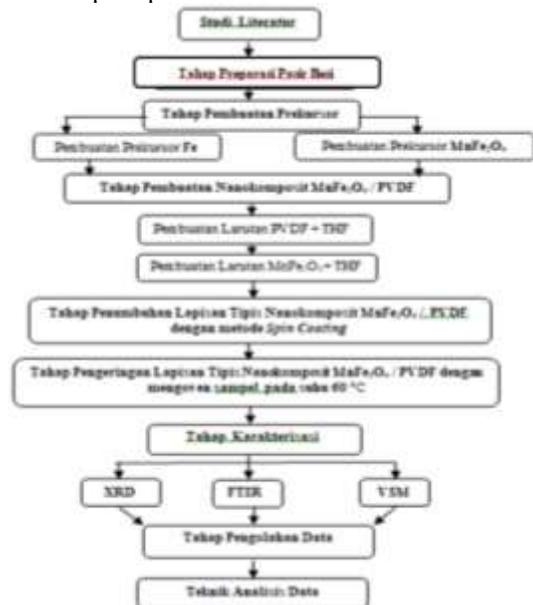
Pada Larutan kedua, peneliti mencampurkan larutan $MnFe_2O_4$ yang ditimbang dengan timbangan digital sebesar 3 gr, THF sebanyak 70 ml dan magnetic bar dalam gelas Beker. Kemudian di *Stirrer* dengan alat *Magnetic Stirrer* pada suhu 60 °C dengan kecepatan 250 rpm di Lemari Asam.^[13]

Selanjutnya Tahap Penumbuhan Lapisan Tipis Nanokomposit $MnFe_2O_4 / PVDF$. Pada tahap ini, peneliti meneteskan Larutan Nanokomposit $MnFe_2O_4 / PVDF$ diatas kaca preparat berukuran 1 cm x 1 cm x 1cm dan 0,5 cm x 0,5 cm x 0,5 cm, menggunakan pipet tetes yang

diletakkan didalam alat *Spin Coater* dengan metode *Spin Coating*. Kemudian menghidupkan alat *Spin Coater* selama 60 detik dengan kecepatan 3000 rpm (*rotation per minute*).

Setelah selesai melakukan Tahap Penumbuhan Lapisan Tipis pada Nanokomposit, selanjutnya peneliti melakukan Tahap Pengerinan Lapisan Tipis Nanokomposit $MnFe_2O_4 / PVDF$. Pada tahap ini, peneliti memasukkan hasil *Spin Coating* kedalam Oven. Lalu dipanaskan selama 30 menit pada suhu 60 °C. Tujuan mengeringkan lapisan tipis Nanokomposit $MnFe_2O_4 / PVDF$ dengan suhu oven 60 °C selama 30 menit adalah untuk mempererat ikatan lapisan tipis Nanokomposit $MnFe_2O_4 / PVDF$ dengan substratnya yaitu kaca preparat tanpa menghilangkan kandungan Nanokomposit $MnFe_2O_4 / PVDF$ di dalamnya.

Selanjutnya Tahap Karakterisasi. Ada tiga buah karakterisasi yaitu karakterisasi XRD (*X-ray diffraction*), Karakterisasi FTIR (*Spektrofotometer Fourier Transform Infra Red*) dan Karakterisasi VSM (*Vibrating Sample Magnetometer*). Karakterisasi XRD untuk mengetahui puncak-puncak, zat-zat yang terkandung, besar sudut 2θ , Intensitas, FWHM, Indeks miller dan bentuk Kristal. Karakterisasi FTIR untuk mengidentifikasi gugus fungsi penyusun senyawa dan menunjukkan nilai *Transmitansi* Karakterisasi VSM untuk mengetahui sifat magnetik pada Lapisan Tipis Nanokomposit $MnFe_2O_4 / PVDF$, seperti *Magnetisasi Remanen* (Mr), *Magnetisasi Saturasi* (Ms), *Koersivitas* (Hc). Setelah Tahap Karakterisasi, peneliti melakukan Tahap Pengolahan Data yang fokus membahas hasil Karakterisasi VSM berupa kurva *Histeresis*. Setelah itu, Tahap Analisis Data. Pada Teknik analisis data terlihat data Hasil VSM untuk setiap variasi komposisi Nanokomposit yaitu *Magnetisasi Saturasi*, *Magnetisasi Remanen*, dan *Koersivitas*. Selanjutnya Diagram Alir Penelitian seperti pada Gambar 2 berikut ini:

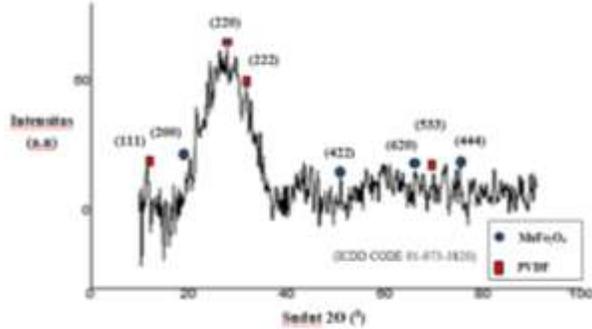


Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Hasil Penelitian

Data hasil penelitian Nanokomposit $MnFe_2O_4$ / PVDF ini merupakan hasil karakterisasi VSM. Namun, peneliti memerlukan data hasil Karakterisasi XRD dan FTIR sebagai data pendukung penelitian. Untuk hasil Karakterisasi XRD pada variasi komposisi 25% : 75% ditunjukkan Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Hasil XRD Nanokomposit $MnFe_2O_4$ / PVDF dengan variasi komposisi 25% : 75%

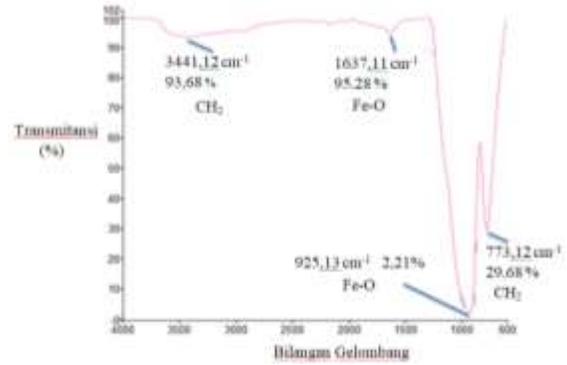
Berdasarkan Gambar 3 yang berwarna biru adalah $MnFe_2O_4$ dan berwarna merah adalah PVDF. Dari Gambar 3 di dapatkan data hasil Karakterisasi XRD seperti Tabel 1:

Tabel 1. Data hasil Karakterisasi XRD untuk Nanokomposit $MnFe_2O_4$ / PVDF dengan variasi komposisi 25% : 75%

Pun-Cak	Sudut 2θ ($^\circ$)	Zat	Intensitas (a.u)	Nilai FWHM	Indeks Miller	Bentuk Kristal
1.	18,0651	PVDF	10,071	0,3070 $^\circ$	(111)	Cubic
2	21,4692	$MnFe_2O_4$	15,033	0,5117 $^\circ$	(200)	Monoclinic
3	29,5791	PVDF	88,962	0,8187 $^\circ$	(220)	Cubic
4	32,0176	PVDF	63,112	0,4093 $^\circ$	(222)	Cubic
5	49,8912	$MnFe_2O_4$	23,081	0,7164 $^\circ$	(422)	Monoclinic
6	68,9390	$MnFe_2O_4$	28,9323	0,5127 $^\circ$	(620)	Monoclinic
7	70,3918	PVDF	17,4312	0,4094 $^\circ$	(533)	Cubic
8.	79,2683	$MnFe_2O_4$	15,5813	0,5121 $^\circ$	(444)	Monoclinic

Berdasarkan Tabel 1, terlihat sebanyak 8 buah puncak yang memiliki Sudut 2θ , zat, Intensitas, Nilai FWHM, Indeks Miller dan Bentuk Kristal. Zat hasil Karakterisasi XRD untuk Nanokomposit $MnFe_2O_4$ /PVDF ini adalah $MnFe_2O_4$ dan PVDF dengan nilai Intensitas, FWHM, Indeks Miller yang berbeda-beda. Bentuk Kristal yang dihasilkan dari Karakterisasi XRD ini adalah *Monoclinic* untuk zat $MnFe_2O_4$ dan *Cubic* untuk zat PVDF.

Selanjutnya Hasil Karakterisasi FTIR Nanokomposit $MnFe_2O_4$ / PVDF dengan variasi komposisi 25% : 75% ditunjukkan Gambar 4 berikut ini:



Gambar 4. Hasil Karakterisasi FTIR Nanokomposit $MnFe_2O_4$ / PVDF dengan variasi komposisi 25% : 75%

Dari Gambar 4, maka data hasil Karakterisasi FTIR dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Data hasil Karakterisasi FTIR untuk Nanokomposit $MnFe_2O_4$ / PVDF dengan variasi komposisi 25% : 75%

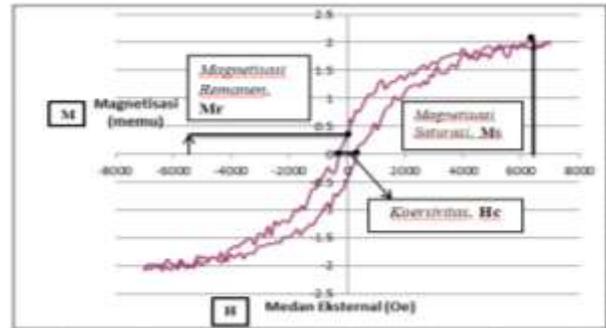
Bilangan Gelombang	Transmitansi ($\frac{I_t}{I_0}$)	Absorbansi (100-T)	Gugus Fungsi
773,12 cm^{-1}	29,68%	70,32%	CH ₂
925,13 cm^{-1}	2,21 %	97,79%	Fe-O
1637,11 cm^{-1}	95,28%	4,72%	Fe-O
3441,12 cm^{-1}	93,68%	6,32 %	CH ₂

Berdasarkan Tabel 2, Gugus Fungsi Fe-O merupakan gugus fungsi $MnFe_2O_4$ dan CH₂ merupakan gugus fungsi PVDF atau (C₂H₂F₂)_n.

Setelah didapatkan hasil Karakterisasi XRD dan FTIR, barulah peneliti melakukan Karakterisasi VSM. Hasilnya berupa kurva Histeresis seperti berikut ini:

1. Kurva *Histeresis* Nanokomposit $MnFe_2O_4$ /PVDF dengan variasi komposisi 25% : 75%.

Gambar 5 berikut ini adalah kurva *Histeresis* Nanokomposit $MnFe_2O_4$ / PVDF dengan variasi komposisi 25% : 75%.

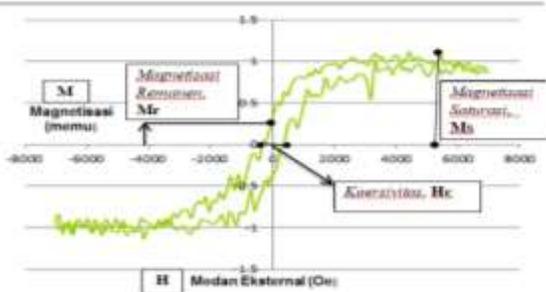


Gambar 5. Kurva *Histeresis* Nanokomposit $MnFe_2O_4$ / PVDF dengan variasi komposisi 25% : 75%

Berdasarkan Gambar 5, nilai *Magnetisasi Saturasi* 2,07 memu, nilai *Magnetisasi Resmanen* 0,37 memu dan nilai *Koersivitas* 297,08 Oe.

2. Kurva *Histeresis* Nanokomposit $MnFe_2O_4$ /PVDF dengan variasi komposisi 33,33% : 66,67%

Gambar 6 berikut ini adalah kurva *Histeresis* Nanokomposit $MnFe_2O_4$ / PVDF dengan variasi komposisi 33,33% : 66,67%.

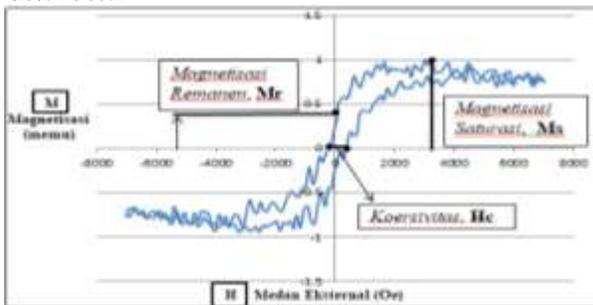


Gambar 6. Kurva *Histeresis* Nanokomposit $MnFe_2O_4$ / PVDF dengan variasi komposisi 33,33% : 66,67%

Berdasarkan Gambar 6, nilai *Magnetisasi Saturasi* 1,11 memu, nilai *Magnetisasi Remanen* 0,35 memu dan nilai *Koersivitas* 144,96 Oe.

3. Kurva *Histeresis* Nanokomposit $MnFe_2O_4$ / PVDF dengan variasi komposisi 50% : 50%

Gambar 7 berikut ini adalah kurva *Histeresis* Nanokomposit $MnFe_2O_4$ / PVDF dengan variasi komposisi 50% : 50%.

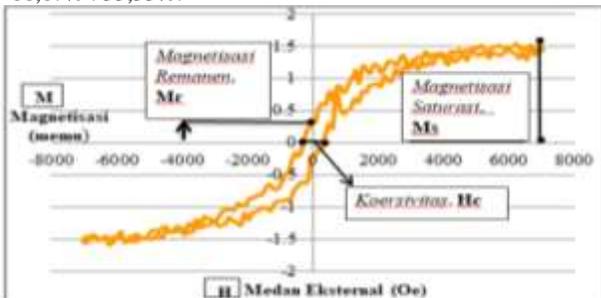


Gambar 7. Kurva *Histeresis* Nanokomposit $MnFe_2O_4$ / PVDF dengan variasi komposisi 50% : 50%

Berdasarkan Gambar 7, nilai *Magnetisasi Saturasi* 1 memu, nilai *Magnetisasi Remanen* 0,47 memu dan nilai *Koersivitas* 274,05 Oe.

4. Kurva *Histeresis* Nanokomposit $MnFe_2O_4$ / PVDF dengan variasi komposisi 66,67% : 33,33%

Gambar 8 berikut ini adalah kurva *Histeresis* Nanokomposit $MnFe_2O_4$ / PVDF dengan variasi komposisi 66,67% : 33,33%.

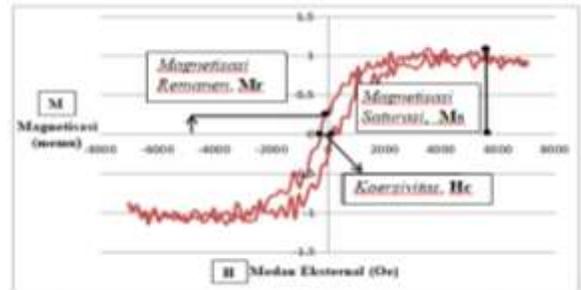


Gambar 8. Kurva *Histeresis* Nanokomposit $MnFe_2O_4$ / PVDF dengan variasi komposisi 66,67% : 33,33%

Berdasarkan Gambar 8, nilai *Magnetisasi Saturasi* 1,54 memu, nilai *Magnetisasi Remanen* 0,31 memu dan nilai *Koersivitas* 300,53 Oe

5. Kurva *Histeresis* Nanokomposit $MnFe_2O_4$ / PVDF dengan variasi komposisi 75% : 25%

Gambar 9 berikut ini adalah kurva *Histeresis* Nanokomposit $MnFe_2O_4$ / PVDF dengan variasi komposisi 75% : 25%.



Gambar 9. Kurva *Histeresis* Nanokomposit $MnFe_2O_4$ / PVDF dengan variasi komposisi 75% : 25%

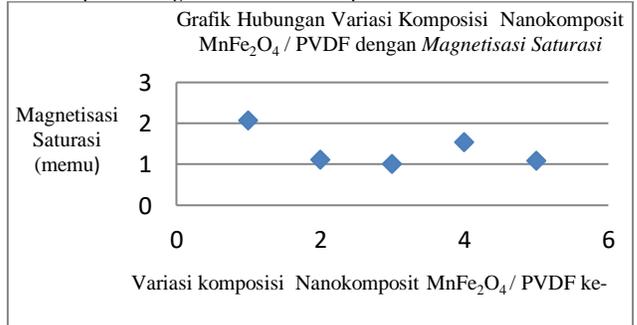
Berdasarkan Gambar 9, nilai *Magnetisasi Saturasi* 1,09 memu, nilai *Magnetisasi Remanen* 0,25 memu dan nilai *Koersivitas* 196,57 Oe.

Dari nilai *Magnetisasi Saturasi* pada masing-masing variasi komposisi Nanokomposit $MnFe_2O_4$ /PVDF yang telah ditunjukkan Gambar 5, 6, 7, 8 dan 9. Maka data variasi komposisi Nanokomposit $MnFe_2O_4$ /PVDF dengan *Magnetisasi Saturasi* dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini:

Tabel 3. Data Variasi Komposisi Nanokomposit $MnFe_2O_4$ / PVDF dengan *Magnetisasi Saturasi* (M_s)

Variasi komposisi $MnFe_2O_4$ / PVDF ke-	Jumlah Komposisi $MnFe_2O_4$ / PVDF	M_s { <i>Magnetisasi Saturasi</i> } (memu)
1	25% : 75%	2,07
2	33,33% : 66,67%	1,11
3	50 % : 50%	1,00
4	66,67% : 33,33%	1,54
5	75% : 25%	1,09

Berdasarkan Tabel 3, grafik hubungan variasi komposisi Nanokomposit *Magnetisasi Saturasi* pada Gambar 10 berikut:



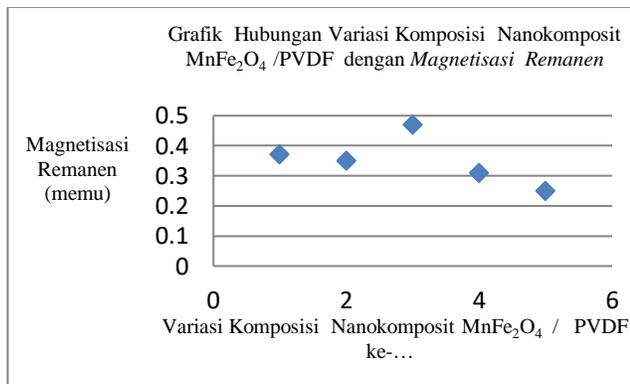
Gambar 10. Grafik Hubungan Variasi Komposisi Nanokomposit MnFe₂O₄/PVDF dengan *Magnetisasi Saturasi*.

Dari grafik hubungan variasi komposisi Nanokomposit *Magnetisasi Saturasi* terlihat hasil *Magnetisasi Saturasi* cenderung menurun ketika bertambahnya komposisi MnFe₂O₄. Selanjutnya Tabel 4 berikut adalah Data Variasi Komposisi Nanokomposit MnFe₂O₄ / PVDF dengan *Magnetisasi Remanen* (Mr).

Tabel 4. Data Variasi Komposisi Nanokomposit MnFe₂O₄ / PVDF dengan *Magnetisasi Remanen* (Mr)

Variasi komposisi MnFe ₂ O ₄ /PVDF ke-	Jumlah Komposisi MnFe ₂ O ₄ / PVDF	Mr { <i>Magnetisasi Remanen</i> } (memu)
1	25% : 75%	0,37
2	33,33% : 66,67%	0,35
3	50 % : 50%	0,47
4	66,67% : 33,33%	0,31
5	75% : 25%	0,25

Berdasarkan Tabel 4, grafik hubungan variasi komposisi Nanokomposit *Magnetisasi Remanen* seperti Gambar 11 berikut:



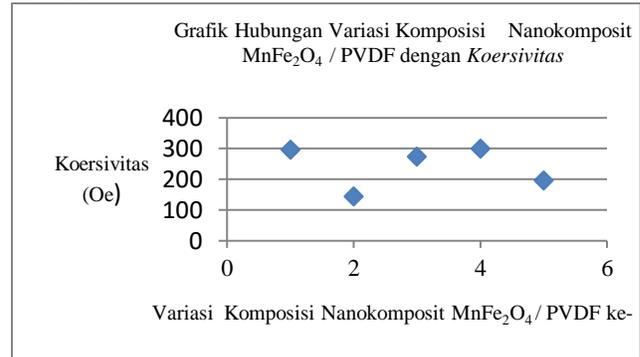
Gambar 11. Grafik Hubungan Variasi Komposisi Nanokomposit MnFe₂O₄/PVDF dengan *Magnetisasi Remanen*.

Dari grafik hubungan variasi komposisi Nanokomposit *Magnetisasi Remanen* terlihat hasil *Magnetisasi Remanen* cenderung menurun ketika variasi komposisi MnFe₂O₄ bertambah.. Selanjutnya Tabel 5 berikut ini adalah Data Variasi Komposisi Nanokomposit MnFe₂O₄ / PVDF dengan *Koersivitas* (Hc)

Tabel 5. Data Variasi Komposisi Nanokomposit MnFe₂O₄/PVDF dengan *Koersivitas* (Hc)

Variasi komposisi MnFe ₂ O ₄ / PVDF ke-	Jumlah Komposisi MnFe ₂ O ₄ / PVDF	Hc { <i>Koersivitas</i> } (Oe)
1	25% : 75%	297,08
2	33,33% : 66,67%	144,96
3	50 % : 50%	274,05
4	66,67% : 33,33%	300,53
5	75% : 25%	196,57

Berdasarkan Tabel 5, grafik hubungan variasi komposisi Nanokomposit *Koersivitas* seperti Gambar 12 berikut:



Gambar 12. Grafik Hubungan Variasi Komposisi Nanokomposit MnFe₂O₄/PVDF dengan *Koersivitas*.

Dari grafik hubungan variasi komposisi Nanokomposit *Koersivitas* terlihat hasil *Koersivitas* berfluktuasi ketika variasi komposisi MnFe₂O₄ bertambah dalam Nanokomposit MnFe₂O₄/PVDF. Hal ini menandakan nilai *Koersivitas* tidak tergantung kepada komposisi MnFe₂O₄ dalam Nanokomposit MnFe₂O₄/PVDF.

B. Pembahasan

Hasil karakterisasi XRD sebagai data pendukung penelitian ini adalah ditemukan ada dua zat yang terkandung pada puncak-puncak yaitu MnFe₂O₄ dan PVDF yang ditandai dengan warna biru untuk MnFe₂O₄ dan warna merah untuk PVDF. Pada setiap zat terdapat beberapa puncak yang memiliki sudut 2θ, Intensitas, Nilai FWHM dan Indeks Miller yang berbeda-beda. Bentuk Kristal dari PVDF adalah *Monoclinic* dan bentuk Kristal dari MnFe₂O₄ adalah *Cubic*.

Untuk hasil FTIR yang juga sebagai data pendukung penelitian ini, hasilnya adalah Bilangan Gelombang, *Transmitansi* (fraksi antara Intensitas keluar terhadap Intensitas masuk ($\frac{I_t}{I_0}$)), *Absorbansi* (penyerapan sebesar 100-T, T atau *Transmitansi*), dan Gugus Fungsi. Gugus Fungsi ada dua buah yaitu Fe-O dan CH₂. Untuk Fe-O merupakan Gugus Fungsi MnFe₂O₄, dan CH₂ merupakan Gugus Fungsi PVDF atau (C₂H₂F₂)_n.

Hasil Karakterisasi VSM menunjukkan jika komposisi MnFe₂O₄ semakin banyak dibandingkan PVDF, maka nilai *Magnetisasi Remanen* cenderung menurun. Penyebab berkurangnya nilai *Magnetisasi Remanen* ini karena kandungan Mangan pada Nanokomposit MnFe₂O₄/PVDF bersifat *Paramagnetik*. Sifat *Paramagnetik* ini merupakan sifat yang ditarik lemah oleh magnet^[17]. Hal tersebut terjadi karena nilai *Magnetisasi Remanen* bergantung pada komposisi sifat magnetik penyusunnya^[18].

Selanjutnya jika komposisi Nanokomposit MnFe₂O₄ semakin banyak dibandingkan PVDF, maka nilai *Koersivitas* fluktuatif. Dua buah variasi komposisi MnFe₂O₄ pada Nanokomposit MnFe₂O₄/PVDF bernilai

Koersivitas rendah yaitu pada komposisi 33.33% : 66.67% dan 75% : 25%. Nilai *Koersivitas* yang rendah menandakan Nanokomposit tergolong *Soft Magnetic* (Magnet Lunak). Kemudian tiga buah variasi komposisi lainnya bernilai *Koersivitas* tinggi yaitu pada komposisi 25% : 75%, 50% : 50% dan 66.67% : 33.33. Nilai *Koersivitas* tinggi tergolong *Hard Magnetic* (Magnet Keras). Hal ini berarti nilai *Koersivitas* tidak bergantung pada komposisi $MnFe_2O_4$.

Pada penelitian ini, hasil yang diharapkan adalah sifat *Soft Magnetic* atau Magnet Lunak pada Nanokomposit $MnFe_2O_4$ / PVDF untuk aplikasi Sensor *Magnetic* dalam device ESP8266 dan USB 4G LTE sebagai media penyimpanan data. Sifat *Soft Magnetic* ini berpeluang baik untuk penyimpanan data karena mudah dipengaruhi *Medan Magnet Eksternal* dimana mudah termagnetisasi dan nilai intensitas magnetnya mudah kembali menuju nilai 0 ketika *Medan Magnet Eksternal* dihilangkan^[19].

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan, Pengaruh Komposisi $MnFe_2O_4$ terhadap sifat Magnetik Nanokomposit $MnFe_2O_4$ /PVDF adalah :

1. Jika komposisi $MnFe_2O_4$ bertambah, maka *Magnetisasi Saturasi* pada Nanokomposit $MnFe_2O_4$ /PVDF cenderung menurun.
2. Jika komposisi $MnFe_2O_4$ bertambah, maka *Magnetisasi Remanen* pada Nanokomposit $MnFe_2O_4$ /PVDF cenderung menurun.
3. Jika komposisi $MnFe_2O_4$ bertambah, maka nilai *Koersivitas* pada Nanokomposit $MnFe_2O_4$ /PVDF *fluktuatif*. Hal ini berarti nilai *Koersivitas* tidak bergantung pada komposisi $MnFe_2O_4$ di dalam Nanokomposit $MnFe_2O_4$ /PVDF.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada DRPM DIKTI yang telah membiayai penelitian ini dengan penelitian dasar, nomor kontrak 448/UN35.13/LT/2019.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muhammad Izzudin Mahali. 2018. *Smart Door Locks Based On Internet of Things Concept With Mobile Backend as a Service*. Jurnal *Electronics, Informatics, and Vocational Education*, Vol. 1, Nomor 3, November 2016; 171-181.
- [2] Lusiana Citra Dewi, 2011. *Wireless Technology Development, History, Now, And Then*. Comtech Vol 2. No.2, Desember 2011; 1224-1240.
- [3] Kusno Isnugroho & Birawidha David C. 2016. *Pemanfaatan Limbah Crushing Plant Untuk Pembuatan Pig Iron* Jurnal Riset Industri Vol. 10 No. 3, Desember 2016; Hal. 134-141.
- [4] Nidya Yulfiska, Ramli, Yenni Darvina. 2017. *Analisis Sifat Optik dari Lapisan Tipis Fe_3O_4 Yang Di Preparasi Dari Pasir Besi Pantai Tiram Kabupaten Padang Pariaman Sumatera Barat Dengan Metode Sol Gel- Spin Coating*. Pillar of Physics, Vol.10, Oktober 2017; 63-70.
- [5] Muhammad Muhajir, dkk. 2016. *Analisis Kekuatan Tarik Bahan Komposit Matriks Resin Berpenguat Serat Alam dengan Berbagai Varian Tata Letak*. Jurnal Teknik Mesin, Tahun 24, No. 2, Oktober 2016; 1-8.
- [6] Ramli, dkk. 2018. *Struktur Mikro dan Sifat Magnetik dari Lapisan Tipis Nanokomposit Fe_3O_4 / PVDF*. Jurnal Fisika dan Aplikasi. Vol.3. Desember, 2018: 143-150.
- [7] Wahyu Widanarto, dkk. 2015. *Peningkatan Sifat Magnetik Material Hematit Melalui Substitusi Barium dan Kontrol Temperatur Sintering*. ISSN : 1410 - 9662. Vol. 18, No. 4, Oktober 2015; 125 – 130.
- [8] Rigin Sugianti, dkk. 2019. *Analisis Sifat Magnetik Nanokomposit $CoFe_2O_4$ /PANi yang Disintesis dengan Metoda Sol-Gel*. Pillar of Physics, Vol. 12 No. 1, April 2019; 30 – 37.
- [9] Rosita Dewi Tawainella, dkk. 2014. *Sintesis Nanopartikel Manganese Ferrite ($MnFe_2O_4$) dengan Metode Kopresipitasi dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya*. Universitas Gadjah Mada. Jurnal Fisika Indonesia No: 52, Vol XVIII, Edisi April 2014. ISSN : 1410-299;1-7.
- [10] Sheila Pramusiwi Rozitawati & Lukman Noerochim. 2014. *Karakterisasi Membran Polimer dengan Insorben Inorganik Lithium Mangan Spinel Untuk Ekstraksi Lithium dari Lumpur Sidoarjo*. Jurnal Teknik Pomits. Vol. 3, No. 2, F-221 – F-226.
- [11] Hendry Kurniawan & Arif Budiman. 2014. *Penentuan Persentase dan Nilai Suseptibilitas Mineral Magnetik Bijih Besi yng Berasal dari Tiga Lokasi Tambang Bijih Besi di Sumatera Barat*. Jurnal Fisika Unand Vol. 3, No. 4, Oktober 2014; ISSN 2302-8491; 249-254.
- [12] Sofyan Sa'id Atsaurry, dkk. 2016. *Pembuatan Alat Spin Coater Berkecepatan Sudut Tinggi Berbasis Arduino Uno*. Prosiding Seminar Nasional Fisika, Vol.V, Oktober 2016; 137-142.
- [13] Lalu Patria Irsyad, dkk. 2016. *Perancangan Alat Magnetic Stirrer Dengan Pengaturan Kecepatan Pengaduk dan Pengaturan Waktu Pengadukan*. Jurnal InFact Vol 1, No.2, November 2016; 22-29.
- [14] N Yulfiska, Y Darvina, Y Yulkifli, R Ramli. 2019. *Microstructure of magnetite - polyvinylidene fluoride (Fe_3O_4 /PVDF) nanocomposite prepared by spin coating method*. IOP Conf. Series: Journal of Physics : Conf.Series 1185(2019) 012025; 1-9.
- [15] Eri Widiyanto, dkk. 2018. *Karakterisasi Pasir Besi Alam Pantai Samudera Baru dan Pemanfaatannya sebagai filler pada Sistem Penyaring Elektromagnetik*. Jurnal Riset dan Sains Teknologi Vol. 2, No.1, Maret 2018; 15-20.
- [16] Ahmad Rizani & Suparno. 2016. *Pengaruh Bentuk (Powder, Granule, Gravel) Karbon Aktif Kayu Akasia Mangium Terhadap Hasil Pengolahan Air Selokan Mataram*. Jurnal Fisika Vol.5, No.1, Tahun 2016; 21-28.
- [17] Utami Widyaiswari, dkk. 2016. *Studi Sifat Magnetik Material Perovskite (La,Sr) (Mn, Ni) O_3* . Omega. Jurnal Fisika dan Pendidikan Fisika 2; 28 – 30.
- [18] Novi Dwi Jayanti, dkk. 2013. *Fabrikasi Magnet Komposit Berbahan Dasar Magnet Daur Ulang Dengan Pengikat Cult*. Unnes Physics Journal 2; 24-29.
- [19] Angga Wicaksono, dkk. 2018. *Studi Resonansi Ferromagnetik $BaFe_2O_4$ Menggunakan Simulasi*

Mikromagnetik. BERKALA SAINSTEK 2018, VI (1):
46-48