

## PENGARUH KOMPOSISI $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ TERHADAP SIFAT MAGNETIK NANOKOMPOSIT $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$ YANG DISINTESIS DENGAN METODE *SOLGEL*

Sovia Yulianti<sup>1</sup>, Ramli<sup>2</sup>, Yulkifli<sup>2</sup>, Yenni Darvina<sup>\*2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

<sup>2</sup>Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

<sup>1</sup>soviayulianti123@gmail.com, <sup>2</sup>ramli@fmipa.unp.ac.id, <sup>2</sup>yulkifliamir@gmail.com, <sup>\*2</sup>ydarvina@yahoo.com

### ABSTRACT

Cobalt Ferrite ( $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ ) is a magnetic material that has high coercivity, magnetic properties, and has electrical resistivity and high saturation magnetization, very suitable for applications in the field of magnetic, magnetic sensors, magnetic sensor constituents, biomedical materials, Magnetic Resonance Imaging (MRI) and hypertension. The purpose of the survey is to explain the composition of the  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  composition on the magnetic properties of the  $\text{CoFe}_2\text{O}_4 / \text{PVDF}$  nanocomposites synthesized by the Sol-Gel Method. There are three research results from vsm test data on hysteresis curves. First, the magnetization saturation data of each variation obtained results of 2.07 memu, 0.97 memu, 2.18 memu, 1.07 memu, and 0.91 memu. Second, the Remanent Magnetization data obtained results are 0.41 memu, 0.28 memu, 0.35 memu, 0.27 memu, and 0.16 memu. Third, the Medan Coercivity data is 208.31 Oe, 293.42 Oe, 163.20 Oe, 335.88 Oe, and 93.86 Oe.

**Keywords:** Cobalt ferrit, PVDF, magnetic properties, sol gel



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

Indonesia merupakan negara yang paling banyak mengandung mineral pasir besi dan banyak tersebar luas di sepanjang tepian samudera Hindia mulai dari pulau Sumatera wilayah paling barat hingga pulau Bali, Lombok dan sekitarnya<sup>[1]</sup>. Daerah Sumatera Barat banyak memiliki kandungan pasir besi pada kecamatan Sangir Balai Janggo daerah Sungai Kunyit, Kabupaten Solok Selatan Sumatera Barat sebesar 87,59%. Bijih besi yang terdapat di Solok Selatan terbentuk sebagai endapan alluvial bijih besi Pasir besi adalah bijih besi berbentuk pasir yang banyak ditemui di alam bercampur dengan pasir<sup>[2]</sup>. Pasir besi mengandung mineral besi dengan konsentrasi yang cukup tinggi. mineral-mineral yang terdapat didalam endapan pasir besi terdapat tiga bagian yaitu hematit ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ), magnetit ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_4$ ), dan maghemit ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ). Menariknya kandungan didalam pasir besi dari alam ini membuat banyaknya kajian tentang pasir besi dan juga kajian tentang pencampuran pasir besi kedalam bahan lain untuk membuat manfaat dari pasir besi ini bias digunakan lebih fleksible dan luas lagi penggunaannya di industri maju.

Pada saat ini dunia industri banyak mengalami kemajuan yang begitu pesat sampai sekarang hingga masa yang akan datang yang mengembangkan sistem otomatis yang sering disebut dengan sensor. Sensor magnetik adalah salah satu sensor yang sangat diminati oleh para peneliti. Sifat magnetic selain dimiliki magnet juga dimiliki oleh bahan. Dilihat dari sifat medan magnetik atomisnya, sifat magnetik bahan dibagi menjadi 4 bagian yaitu diamagnetik,

paramagnetik, superparamagnetik dan feromagnetik. Salah satu material nanopartikel yang banyak diteliti adalah nanopartikel  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  (cobalt ferrite). Selain berpotensi memiliki sifat superparamagnetik, sifat khusus yang membedakan nanopartikel  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  dengan nanopartikel magnetik lain adalah  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  memiliki nilai konstanta anisotropi yang lebih tinggi dari sifat yang lainnya. Cobalt ferrite mempunyai sifat yang begitu khas berupa sifat superparamagnetik, memiliki sifat koersifitas tinggi dan memiliki resistivitas listrik dan magnetisasi saturasi ( $M_s$ ) yang sangat tinggi. Banyak sekali bahan pengikat yang digunakan untuk membuat komposit salah satunya adalah bahan polimer<sup>[3]</sup>.

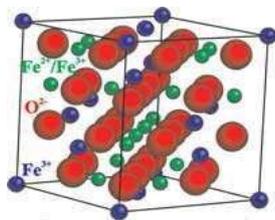
Salah satu polimer konduktif yang aplikasinya sangat luas dalam kimia, biomedis dan industri elektronika adalah *polyvinilidene flouride* (PVDF). *Polyvinylidene fluoride* (PVDF) adalah bahan fluoropolymer yang memiliki sifat piezoelektrik dan sifat pyroelektrik yang kuat. Bahan ini salah satu yang telah banyak digunakan karena memiliki banyak sifat yang bisa memperoleh respon yang baik, sifat keakuan rendah, fleksibel, dan ringan.

Logam kedua yang terbanyak di muka bumi ini adalah Besi. Besi ini mempunyai ciri-ciri tersendiri yaitu sebuah logam yang diperoleh dari endapan pasir besi dan sering juga berhubungan dengan mineral logam lainnya. Salah satu jenis logam yang sangat menarik dan digunakan agar berfungsi dalam berbagai bidang yaitu mulai dalam bidang pertanian, peternakan, permesinan, alat rumah tangga serta alat transportasi.

Nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  adalah salah satu jenis material magnetik yang banyak dikembangkan karena mempunyai karakteristik yang cukup potensial dan banyak digunakan dalam aplikasi sensor magnetik GMR<sup>[4]</sup>. Suatu partikel yang berukuran 1-100 nm dalam bentuk nanometer disebut dengan Nanopartikel. Karakteristik nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  meliputi nilai magnetisasi saturasi ( $M_s$ ) yang tinggi, soft magnetik, medan koersifitas ( $H_c$ ) yang kecil, dan nilai anisotropi yang rendah serta memiliki sifat superparamagnetik<sup>[5]</sup>.

Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) adalah suatu campuran dari suatu oksida besi yang terbentuk karena adanya reaksi oksida besi(II) dengan besi(III) yang mana hasilnya lebih unggul dibandingkan dari oksida besi(II) dan oksida besi(III) dari masing-masingnya. Magnetit memiliki keunggulan berupa sifat magnetiknya yang lebih kuat dibandingkan dengan sifat oksida besi. Karena keunggulannya itulah maka magnetit sangat terpopuler dikalangan material terapan dan material sains. Saat sekarang ini magnetit banyak di manfaatkan diseluruh bidang baik berupa terapi kanker, material pengontras, targeting obat, pemisahan, biokimia, *Magnetic Resonance Imaging* (MRI), dan material penyimpanan data<sup>[6]</sup>.

Dalam fasa ferimagnetik ini terbentuk domain magnetic dan terjadilah histeresis. bagian yang terpenting dari ferimagnetik adalah ferrite. gabungan dari ion-ion yang memiliki kemampuan magnetic disebut dengan ferrite dimana kemampuan itu berasal dari ion magnetic yang disebut dengan kation. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.

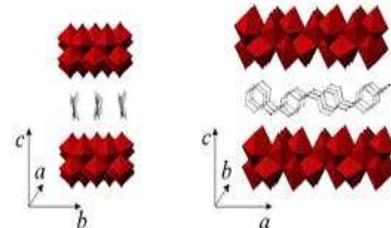


Gambar 1. Struktur  $\text{Fe}_3\text{O}_4$

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bagaimana heksagonal dan struktur dari  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Dalam tiap sel terdapat sejumlah ion sebanyak delapan ion  $\text{Fe}^{3+}$  yang berada di bagian tetrahedral (A). Tetrahedron mempunyai empat sudut yang mana setiap sudut itu ditempati oleh ion-ion karena letaknya ditengah-tengah sehingga strukturnya berbentuk heksagonal.

Nanokomposit adalah salah satu material yang sangat penting dalam menyisipkan nanopartikel yang bertindak sebagai filter dalam sebuah matriks. Pencampuran dalam sejumlah fase yang berbeda yang terdapat pada nanokomposit. Dari salah satu material nanokomposit ini juga memiliki fungsi yang penting yang dapat meningkatkan serta membatasi kemampuan material serta mengakibatkan adanya ikatan antar partikel. Semakin banyak partikel yang

berinteraksi maka besar dan kuat dari material akan bertambah yang terdapat dalam sebuah nanokomposit, semakin kuat ikatan partikel maka semakin kuat juga sifat mekanik yang terdapat dalam suatu ikatan partikel, tetapi tidak dengan penambahan partikel-partikel nano itulah yang akan mengakibatkan meningkatnya sifat mekanik dalam suatu partikel. Berikut adalah gambar atau bentuk dari struktur nanokomposit, lihat Gambar 2.



Gambar 2. Struktur Nanokomposit

Berdasarkan Gambar 2 adalah struktur nanokomposit mempunyai sebuah material komposit yang berupa bahan konvensional seperti logam. Logam merupakan contoh dari sebuah bahan komposit yang memiliki beberapa kelebihan yang sangat khas dibandingkan bahan konvensional. Seperti perbandingan bahan konvensional yang mempunyai densiti yang sangat rendah. Dalam konteks penggunaan bahan konvensional juga memberikan beberapa implikasi yang sangat penting. Sifat kekakuan dan kekuatan yang dimiliki oleh komposit ini sangat tinggi dibandingkan dengan bahan konvensional. Kekuatan dari komposit tersebut juga dapat diatur (*tailorability*) berupa kemampuan yang dimiliki seperti memiliki tahanan korosi, tahanan lelah (*fatigue resistance*) serta kekuatan jenis yang memiliki rasio kekuatan terhadap berat jenis<sup>[7]</sup>.

Dalam bidang kedokteran banyak yang dimanfaatkan salah satunya yaitu teknologinano yang berfungsi untuk mendeteksi gen maupun mendeteksi obat serta juga dapat menggunakan alat-alat berupa nanoelektronik. Saat sekarang perkembangan teknologi nano sangat dimanfaatkan dan berkembang begitu pesat serta dapat diaplikasikan dalam pembuatan nanosensor, nanokomputer (yang berbasis material nano dan tabung nano), pembuatan laser jenis baru dan aplikasi lainnya<sup>[8]</sup>.

Nanokomposit  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  yaitu salah satu nanokomposit yang sangat penting dan salah satu partikel yang banyak dimanfaatkan dalam bidang biomedis yang digunakan sebagai cairan magnetik, sebagai katalis serta sebagai bahan pembawa target dalam pengiriman obat<sup>[8]</sup>. sementara itu, lapisan  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  juga digunakan sebagai penyusun sensor Giant Magnetometer dan penyusun material<sup>[9]</sup>.

Cobalt ferrit ( $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ ) adalah oksidasi kubik yang menggunakan struktur inverse spinel<sup>[10]</sup>. Pada sisi oktahedral B pada struktur cobalt ferrite ini terdapat delapan kation  $\text{Fe}^{3+}$  dan juga terdapat delapan kation  $\text{Co}^{2+}$  tetapi berbeda dengan tetrahedral

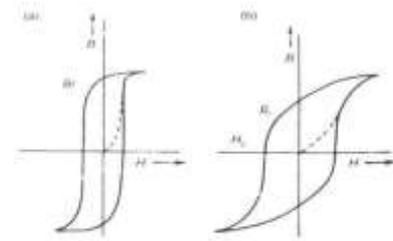
A karena didalam nya terdapat sisa dari sebuah kation  $Fe^{3+}$ . Cobalt ferrite ini juga memiliki magnetisasi saturasi dan anisotropi magneto-kristalin yang sangat tinggi sehingga ( $k_1=+2 \times 10^6 \text{ egr/cm}^3$ ), dan nilai dari magnetisasi saturasinya ( $33,44 \text{ kwb/m}^2$ ) dan mempunyai sifat stabilitas kimiayang sangat tinggi dan sifat mekanik yang sangat kuat dan akan berkembang menjadi generasi baru yang berfungsi untuk mengembangkan disk Magneto-Optical (MO), pemindah fasa, perangkat non-timbal balik dengan tuning frekuensi yang disediakan oleh medan magnet eksternal, filter gelombang milimeter, sirkuit terpadu microwave monolitik (MMICs), sirkuit terpadu gelombang mikro (MIC) dan coplanar waveguides (CPWs). Karena adanya lebar transisi yang sangat sempit pada perbandingan  $M_r t/H_c$  ini juga menimbulkan kapasitas/kerapatan linear yang sangat tinggi (High Linier Densities) yang akan dicapai. Perbandingan dari  $M_r t/H_c$  dimana  $t$  ialah ketebalan fil tipis,  $M_r$  ialah magnetisasi remanen, dan  $H_c$  ialah medan koersifitas.

Stabilitas dalam larutan ini memiliki faktor yang sangat berpengaruh Pada stabilitas ini yang berfungsi untuk melakukan pengukuran aplikasi *spin coating* berupa pH larutan, suhu preparasi, viskositas larutan prekursor, putaran spin coating serta kosentrasi ion-ion logam. Dalam preparasi yang menggunakan metoda *sol-gel* ini sangat berfungsi dalam menguji sampel menggunakan alat *spin coating* dalam bagian pertama sehingga metode *spin coating* dan preparasi lapisan tipis ini juga sangat berperan penting karena dua bagian tersebut adalah termasuk hal penting dalam *spin coating*.

Sifat material magnetik terdiri dari 4 yaitu diamagnetik, paramagnetik, ferromagnetik, dan superparamagnetik. Berdasarkan kekuatan medan koersif material magnetik terdiri dari dua bagian yaitu tipe yang keras (permanen) dan tipe yang lunak (non permanen). Magnet permanen ini mempunyai medan koersif ( $H_c$ ) yang besar dan keluarannya juga dapat dipahami menggunakan diagram histeresis sedangkan magnet non permanen memiliki kemampuan yang sangat lemah pada medan koersifitas<sup>[11]</sup>. Kurva histeresis Pada gambar 2 dapat dilihat dengan jelas bentuk dari material magnet keras dan magnet lunak.

Magnet permanen adalah magnet yang memiliki kurva histeresis (*hysterisis loop*) yang lebar dan memiliki nilai koersivitas yang tinggi yaitu diatas  $10\text{kA/m}$ <sup>[12]</sup>. Sebuah material yang bisa menghasilkan sebuah medan magnet yang memiliki sifat sementara yang disebut dengan material sementara. Bahan ini memiliki koersivitas yang rendah yaitu dibawah  $1 \text{ kA/m}$ . Magnet sementara (*soft magnet*) dihasilkan melalui proses pengecoran, dimana logam cair dituangkan ke sebuah kotak atau cetakan yang udah disediakan setelah itu dibiarkan membeku dan mendingin sehingga terbentuk seperti cetakan.

Bahan penghantar yang sering dialiri arus listrik itu bergantung pada besarnya medan listrik serta besar arus listriknya juga dialiri sepanjang bahan penghantar. Bahan sejenis besi atau besi ini digunakan untuk mengisi kumparan supaya kemampuan medan magnet yang dihasilkan cukup kuat dan sistem ini sering disebut dengan electromagnet. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. a). Magnet Permanen  
b). Magnet Non Permanen

Gambar 3 terdapat medan magnet dan induksi medan magnet. Berdasarkan kurva H merupakan medan magnet yang digunakan untuk menginduksi medan yang berkekuatan B dalam sebuah material. Kemudian medan H ini dihilangkan spesimennya sehingga tersisa residu magnetisasi  $B_r$  disebut sebagai residual remanen, setelah itu gaya koersif juga dibutuhkan untuk medan magnet  $H_c$  supaya dapat diterapkan dan dipakai untuk menghilangkannya dalam arah yang berlawanan. Pada gambar 3 ditunjukkan bahwa magnet lunak mudah di demagnetisasi dan mudah juga dimagnetisasi. Jika pada kurva histeresis tersebut nilai H nya yang kecil yang sudah cukup agar bisa menginduksi medan B yang sangat besar dan dibutuhkan juga medan  $H_c$  yang sangat rendah untuk meniadakannya dalam suatu logam.

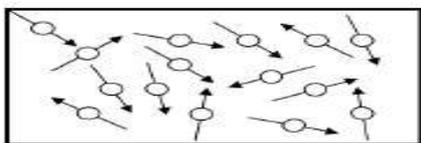
Pada magnet ini materialnya sulit untuk di magnetisasi dan sulit juga untuk didemagnetisasi yang disebut dengan magnet permanen., disebabkan karena hasil kali dari induksi ( $V.\text{det/m}^2$ ) dan medan magnetnya ( $A/m$ ) itu adalah energi per satuan volume. Pada bagian yang luas dari sebuah integrasinya yang sama besar dalam loop histeresis merupakan sama karena energi yang digunakan dalam sebuah reaksi magnetisasi yang akan berjalan sesuai dengan alurnya, yang bergerak dari nol sampai  $+H$  sehingga mencapai  $-H$  sampai kembali ke nol lagi. Dalam hal ini sebuah kekuatan energi sangat berperan penting karena sangat dibutuhkan untuk magnet lunak yang selalu diabaikan, sedangkan magnet keras juga sangat memerlukan energi yang sangat banyak karena dengan energi itulah kondisi ruang itulah demagnetisasi dapat diabaikan<sup>[12]</sup>.

Magnet non permanen digunakan saat terjadinya frekuensi yang tinggi dan arus listrik yang bolak-balik sehingga terjadi suatu reaksi yang berupa

siklus demagnetisasi dan siklus magnetisasi yang dilakukan secara berulang-ulang sehingga dapat dilihat dalam satu detik tiap selang waktu. Material lunak ini memiliki spesifikasi yang agak kritis supaya tidak terjadi kejenuhan induksi yang tinggi pada magnet non permanen, permeabilitas maksimum yang tinggi dan medan koersif yang rendah. Pada magnet non permanen ini juga mempunyai nilai rasio permeabilitas yang tinggi sehingga mudah mengalami magnetisasi dan juga membutuhkan sebuah H yang kecil sehingga menghasilkan sebuah induksi dan rapat fluks yang sangat besar. Bahan ferrite ini sangat kecil apabila disetarakan dengan sebuah material yang bermacam-macam bentuknya yang berukuran sama terdapat pada kerapatan. Jadi karena itulah dapat dihasilkan nilai keseimbangannya pada suatu material ferrite yang sangat rendah dapat memperoleh untung sehingga mudah ditiadakan<sup>[12]</sup>.

Suatu sifat ini tidak dapat di kuasai oleh medan H disebut dengan sifat diamagnetik. Pada material diamagnetik memiliki nilai magnetik  $\chi_m$  yang minus serta nilainya juga dalam jumlah yang sangat kecil, berdasarkan golongannya material yang termasuk kedalam sebuah sifat ini adalah logam yang sangat bermanfaat seperti perak, emas, tembaga, intan, nitrogen, hidrogen(1 atm) dan air raksa. Nilai  $\mu$  sangat kecil dari pada nilai  $\mu_0$ , akibatnya karena atom-atom pada bahan diamagnetik ini tidak memiliki momen dipole.

Suatu material yang medan H tiap resultannya terdapat pada dirinya yang terdapat molekul nya tidak nol disebut dengan paramagnetik, akan tetapi jika resultan medan H nilai total seluruh atomnya atau bahan pada molekulnya nol maka akan mengakibatkan gerakan pada molekul dan atomnya menjadi sangat tidak teratur, kemudian medan H tiap resultannya pada tiap-tiap molekulnya saling menghilang. Sehingga sifat paramagnetiknya dapat timbul karena adanya momen spin magnetik yang membuat medan magnet luar menjadi terarah<sup>[12]</sup>. Yang ditunjukkan pada gambar 4 yang arah domain-domain sebelum diberi medan magnetik luar pada bahan paramagnetik



Gambar 4. Bentuk dari sebuah Arah Domain yang terdapat pada Material Magnetik sebelum diberi Medan Magnet<sup>[12]</sup>.

Berdasarkan Gambar 4 ini menunjukkan arah domain yang terdapat pada material yang ada perubahan pada paramagnetik yang belum diberi medan magnet luar.  $\chi_m$  pada material paramagnetik ini magnet dalam keadaan positif dan terletak pada rentang  $10^{-3}$  m<sup>3</sup>/kg tetapi pada permeabilitasnya

$\mu > \mu_0$ . Yang termasuk Pada material paramagnetik ini adalah aluminium, wolfram dan magnesium.

Pada Saat ini metode yang sangat menarik adalah metode sol gel. Karena dengan metoda sol gel ini digunakan untuk preparasi film tipis dan sangat cocok untuk material yang berbentuk powder. Sol Gel sangat penting untuk metode sintesis pada bahan yang banyak berupa oksida yang sangat berbeda pada masing-masingnya. berbeda-beda tergantung pada hasil dari produk akhir dan kualitas dalam membuat prekursor seperti bentuk yang berbeda-beda misalkan serat, aerogel, film dan bentuk powder. Pada metode ini perubahan fase dalam larutan akan berubah menjadi sol (suatu koloid yang memiliki padatan tersuspensi dalam larutannya) setelah itu sol akan bereaksi menjadi gel (mempunyai fraksi yang solid lebih besar dalam koloid dibandingkan pada sol yang sering disebut dengan sol gel)<sup>[13]</sup>.

Suspensi koloid yang terdapat fasa yang terdispersi karena berbentuk padat serta juga ada fasa yang terdispersi yang berbentuk cairan. Partikel padat atau molekul-molekul koloid pada larutannya dari suspensi dapat dibuat karena adanya metal alkoxi dan dapat dihidrolisis dengan air yang menghasilkan sebuah partikel padatan metal hidroksida dalam sebuah larutan sehingga menghasilkan sebuah reaksi. Reaksi tersebut menghasilkan reaksi hidrolisis yang baik. Jaringan molekul atau partikel itu berbentuk padatan maupun cairan terdapat polimer yang terjadi reaksinya dalam sebuah larutan yang berfungsi sebagai suatu tempat penumbuhan zat anorganik. Gel point adalah tempat dimana terjadinya pertumbuhan zat anorganik ketika energi ikat yang nilainya lebih rendah sehingga terjadi reaksi. Reaksi yang terjadi adalah reaksi kondensasi berupa air dan alkohol sehingga menghasilkan jembatan oksigen (*Oxygen bridge*) yang berfungsi untuk mendapatkan sebuah hasil metal oksida.

Sebuah alkoksida logam dan klorida logam disebut dengan bahan awal atau prekursor. Setelah itu akan terjadi sebuah reaksi hidrolisis yang mana juga terjadi reaksi polikondensasi yang berfungsi untuk membentuk koloid yang terbagin dari berbagai macam partikel padat yang berukuran antara 1 nm sampai 1  $\mu$ m sehingga terjadi dispersi dalam suatu pelarut. Hasil dari ukuran gel dan struktur gel ini sangat bergantung pada sebuah rumusan komposisi kimia serta prosedur preparasi pembuatan sol sehingga titik gel yang ada serta proses aging, pengeringan pemanasan gel terjadi sangat baik. Pada proses aging ini dapat dilakukan dengan berbagai cara sehingga mendinginkan gel yang dapat mengubah sifat yang cair menjadi lebih kuat, kaku dan cepat menyusut.

Berdasarkan sebuah penelitian yang dilakukan merupakan sebuah penelitian eksperimen. Alat yang digunakan pada karakterisasi yang digunakan adalah XRD untuk mengetahui fasa, sistem kristal, intensitas puncak orientasi bidang kristal dan ukuran kristalnya,

FTIR untuk mengetahui gugus fungsi  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$  yang saling berkaitan, dan VSM untuk mengetahui bahan-bahan magnetik dan mengukur sifat-sifat magnetik. Pada metoda pengukuran ini dapat dihasilkan dari karakterisasi magnetik bahan berupa magnet remanen, medan luar koersifitas dan magnet saturasi dari nanokomposit  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$ .

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metoda eksperimen. Alat karakterisasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah XRD untuk mengetahui fasa, sistem kristal, intensitas puncak orientasi bidang kristal dan ukuran kristalnya, FTIR untuk mengetahui gugus fungsi  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$  yang saling berkaitan, dan VSM untuk mengetahui dan mengukur sifat-sifat magnetik yang terdapat dalam bahan-bahan magnetik. Berdasarkan hasil dari metode pengukuran tersebut, maka hasil yang diperoleh dari karakterisasi magnetik bahan seperti Magnetisasi Remanen, Magnetisasi Saturasi, dan medan koersifitas dari nanokomposit  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$ . Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisika UNP, Laboratorium Kimia UNP, dan untuk analisis VSM dilakukan pengujian di sebuah Laboratorium LIPI (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia) Serpong Tangerang Selatan.

Prosedur dalam pembuatan sampel ini terdiri dari 6 tahap yaitu persiapan sampel pasir besi, permurnian pasir besi, proses milling, pembuatan prekursor pasir, pembuatan prekursor  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ , pembuatan nanokomposit  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  dan pembuatan lapisan nanokomposit  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$ .

Pesiapan sampel dalam penelitian ini yaitu sampel diambil di daerah yang memiliki kandungan pasir besi pada kecamatan Sangir Balai Janggo daerah Sungai Kunyit, kabupaten Solok Selatan Sumatera Barat sebesar 87,59%. Bijih besi yang terdapat di Solok Selatan terbentuk sebagai endapan alluvial bijih besi. Daerah ini memiliki hasil alam berupa pasir besi, permurnian pasir besi dilakukan menggunakan magnet permanen. Sampel tersebut ditarik oleh magnet permanen sebanyak 30 kali tarikan, setelah itu sampel yang telah ditarik magnet tadi diayak menggunakan ayakan 100 mesh, lalu sampel tersebut dicuci menggunakan aquabidest. Setelah itu sampel dikeringkan, kemudian sampel yang kering tersebut dilakukan tarik magnet sebanyak 20 kali tarikan. Setelah permurnian pasir besi dibuat dalam ukuran nanopartikel menggunakan alat HEM-E3D untuk dimilling selama 30 jam.

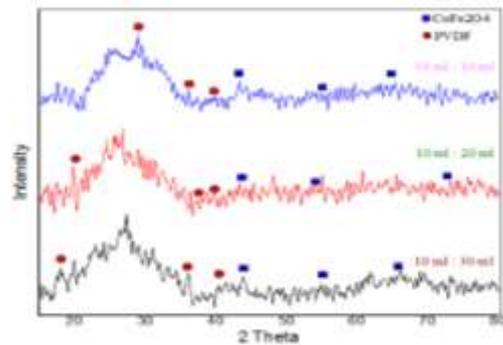
Pembuatan prekursor  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dalam bentuk  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  dilakukan pada suhu  $110^\circ\text{C}$  dengan cara mereaksikan 17.4 gr  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang sudah dimilling selama 30 jam dan 4.5 gr asam oksalat ( $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ ) dengan asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) sebanyak 42 mL. Kemudian menambahkan *ethylene glycol* sebanyak

55 gr kedalam larutan tersebut dan menstiring larutan menggunakan *Magnetic Stirrer* pada suhu  $80^\circ\text{C}$  selama 2 jam suhu  $80^\circ\text{C}$  selama 2 jam dengan kecepatan yang konstan hingga larutan menjadi gel. Pembuatan precursor  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  dilakukan dengan cara melarutkan *cobalt nitrat* ( $(\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$ ) terlebih dahulu dan masukkan *ferrit nitrat* ( $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ) serta asam *citrit* ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ).

Larutan  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  dicampurkan dengan *tetrahydrofuran* (THF) dan di *ultrasonic cleaner* selama 2 jam. Selain itu melarutkan PVDF sebanyak 3 gr dengan 70 ml THF menggunakan *magnetic stirrer* selama 2 jam. Setelah itu membuat nanokomposit  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$  sebanyak 3 variasi komposisi dengan perbandingan 10 ml  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  : 10 ml PVDF, 10 ml  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  : 20 ml PVDF, 10 ml  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  : 30 ml PVDF. Selanjutnya larutan nanokomposit diletakkan diatas substrat kaca dan di *spin coating* dengan waktu selama 60 detik dan kecepatan putar 3000 rpm. Lapisan nanokomposit yang telah di *spin coating* di karakterisasi menggunakan alat *Fourier Transformation Infrared* (FTIR), dan *Vibrating Sample Magnetometr* (VSM).

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil data karakterisasi XRD dapat digunakan untuk melihat gugus fungsi lapisan nanokomposit  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$  dengan komposisi 10 ml  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  : 10 ml PVDF, 10 ml  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  : 20 ml PVDF, 10 ml  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  : 30 ml PVDF didapatkan hasil pengamatan, seperti pada Gambar 5.

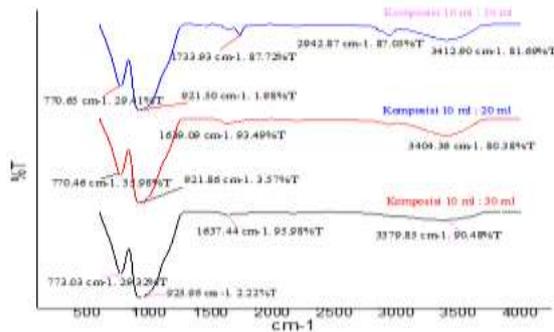


Gambar 5. Sebuah Pola Difraksi yang Mana Sinar-X serta Fasa yang Muncul dari Lapisan Nanokomposit  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$

Gambar 5 menunjukkan pola difraksi dari lapisan nanokomposit  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$  komposisi 10 ml  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  : 10 ml PVDF, 10 ml  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  : 20 ml PVDF, dan 10 ml  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  : 30 ml PVDF yang ditumbuhkan diatas substrat kaca. Hasil uji sinar-x diatas memperlihatkan adanya perubahan intensitas pada orientasi bidang tertentu akibat pengaruh penambahan komposisi  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$ . Pada bidang kristal (4 0 0) intensitas meningkat untuk setiap pertambahan komposisi, sedangkan untuk bidang (5 1

1) mengalami penurunan dari komposisi 10 ml: 10 ml sampai komposisi 10 ml : 20 ml dan kembali mengalami kenaikan ketika komposisi bertambah sebanyak 10 ml : 30 ml. Selain memperlihatkan hasil berupa intensitas dan sudut  $2\theta$ , karakterisasi XRD juga memberikan informasi lebar setengah puncak gelombang (FWHM) yang diperlukan untuk memperoleh ukuran kristal dan strain mikro kristal.

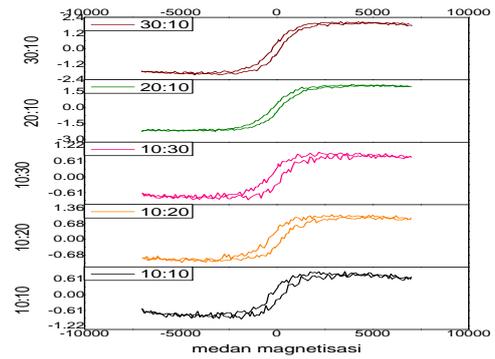
Untuk melihat ikatan yang terkandung dalam lapisan nanokomposit dilakukan karakterisasi FTIR. Karakterisasi FTIR menghasilkan grafik hubungan antara bilangan gelombang dan transmisi gelombang yang digunakan untuk melihat gugus fungsi dari lapisan nanokomposit  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$ . Hasil karakterisasi FTIR untuk perbandingan variasi komposisi 10 ml  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  : 10 ml PVDF, 10 ml  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  : 20 ml PVDF, 10 ml  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  : 30 ml PVDF dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Gugus Fungsi Nanokomposit  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$  dengan 3 Variasi Komposisi

Grafik hasil uji FTIR memperlihatkan Gambar 6 pada lapisan terdapat puncak fraksi nanokomposit  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$  dengan bilangan gelombang dan transmisi gelombang tertentu. Memperlihatkan hubungan antara besarnya frekuensi serapan nanokomposit  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$  terhadap jumlah bilangan gelombang pada jarak tertentu<sup>[14]</sup>.

Untuk melihat hasil karakterisasi dari *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM) yang telah dilakukan maka diperoleh kurva untuk masing-masing konsentrasi nanokomposit  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  dalam PVDF dengan variasi komposisi sebanyak 30 ml  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  : 10 ml PVDF, 10 ml  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  : 30 ml PVDF, 20 ml  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  : 10 ml PVDF, 10 ml  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  : 20 ml PVDF, 10 ml  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  : 10 ml PVDF didapatkan kurva hysteresis seperti dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Histeresis Sampel dengan Komposisi  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  dalam PVDF (A) 30:10, (B) 20:10, (C) 10:30, (D) 10:20 (E) 10:10

Berdasarkan Gambar 7 memperlihatkan kurva histeresis yang menyatakan bahwa ada hubungan antara Medan Magnet luar dengan Magnetisasi (M). Pengujian dengan VSM ini dilakukan untuk memperoleh informasi tentang besaran-besaran yang terdapat pada sifat magnetic akibat adanya suatu pergerakan pada medan magnet luar yang ditunjukkan dalam sebuah kurva histeresis yang dilengkapi dengan gaya koersif ( $H_c$ ) dan nilai induksi remanen ( $B_r$ ).

Ukuran kristalit mempengaruhi nilai koersifitas dari nanokomposit  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ . Pada data hasil karakterisasi menggunakan VSM Tipe M250 didapatkan bahwa semua sampel  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$  memiliki nilai koersifitas ( $H_c$ ) diatas 2000e yang merupakan magnet tipe keras sedangkan nilai koersifitas ( $H_c$ ) dibawah 2000e yang merupakan magnet tipe lunak. Penelitian yang dilakukan<sup>[8]</sup> tentang pengaruh penambahan Fe pada pembuatan bonded magnet NdFeB terhadap sifat fisis dan magnet menyatakan bahwa bahan magnet keras (magnet permanen) ditandai dengan kurva histeresis besar dan nilai koersifitas ( $H_c$ ) yang tinggi diatas 2000e diperkuat dengan penelitian<sup>[15]</sup>.

Berdasarkan hasil yang diperoleh variasi komposisi  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  dalam PVDF 30 ml:10 ml pada saat sampel diberikan medan magnet luar maka sampel termagnetisasi ketika medan magnet luar ditambah maka bahan akan mencapai magnetisasi saturasi sebesar 2.07 *memu* kemudian apabila magnet luar diperkecil hingga nol maka magnetisasi tidak nol disebut magnetisasi remanen dimana magnetisasi masih tersisa 0.41 *memu*. Apabila ingin menghilangkan atau menjadikan magnetisasi mencapai nol maka membutuhkan magnet luar sebesar 208.31 Oe, besar medan magnet luar diperlukan untuk menjadikan sebuah magnetisasi menjadi konstan maka magnetisasi nol disebut medan luar koersifitas ( $H_c$ ). Sampel ini termasuk bahan magnet keras. Karena nilai koersifitasnya diatas 200 Oe.

Berdasarkan hasil yang diperoleh variasi komposisi  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  dalam PVDF 10 ml:30 ml pada saat sampel diberikan medan magnet luar maka sampel termagnetisasi ketika medan magnet luar ditambah maka bahan akan mencapai magnetisasi saturasi sebesar  $0.97\text{memu}$  kemudian apabila magnet luar diperkecil hingga nol maka magnetisasi tidak nol dimana magnetisasi masih tersisa  $0.28\text{memu}$  yang disebut magnetisasi remanen ( $m_r$ ). Apabila ingin menghilangkan atau menjadikan magnetisasi mencapai nol maka membutuhkan magnet luar sebesar  $293.42\text{ Oe}$ , besar medan magnet luar diperlukan untuk menjadikan sebuah magnetisasi konstan disebut medan luar koersifitas ( $H_c$ ). Sampel ini termasuk bahan magnet keras, karena nilai koersifitasnya di atas  $200\text{ Oe}$ .

Berdasarkan hasil variasi komposisi  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  dalam PVDF 20 ml:10 ml saat sampel diberikan medan magnet luar maka sampel termagnetisasi ketika medan magnet luar ditambah maka bahan akan mencapai magnetisasi saturasi sebesar  $2.18\text{memu}$  kemudian apabila magnet luar diperkecil hingga nol maka magnetisasi tidak nol dimana magnetisasi masih tersisa  $0.35\text{memu}$  yang disebut magnetisasi remanen ( $m_r$ ). Apabila ingin menghilangkan atau menjadikan magnetisasi mencapai nol maka membutuhkan magnet luar sebesar  $163.20\text{ Oe}$ , besar medan magnet luar diperlukan untuk menjadikan sebuah magnetisasi konstan disebut medan luar koersifitas ( $H_c$ ). Sampel ini termasuk bahan magnet lunak, karena nilai koersifitasnya kurang dari  $200\text{ Oe}$ .

Berdasarkan hasil variasi komposisi  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  dalam PVDF 10 ml:20 ml saat sampel diberikan medan magnet luar maka sampel termagnetisasi ketika medan magnet luar ditambah maka bahan akan mencapai magnetisasi saturasi sebesar  $1.07\text{memu}$  kemudian apabila magnet luar diperkecil hingga nol maka magnetisasi tidak nol dimana magnetisasi masih tersisa  $0.27\text{memu}$  yang disebut magnetisasi remanen ( $m_r$ ). Apabila ingin menghilangkan atau menjadikan magnetisasi mencapai nol maka membutuhkan magnet luar sebesar  $335.88\text{ Oe}$ , besar medan magnet luar diperlukan untuk menjadikan sebuah magnetisasi konstan disebut medan luar koersifitas ( $H_c$ ). Sampel ini termasuk bahan magnet keras, karena nilai koersifitasnya di atas  $200\text{ Oe}$ .

Berdasarkan hasil variasi komposisi  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  dalam PVDF 10 ml:10 ml saat sampel diberikan medan magnet luar maka sampel termagnetisasi ketika medan magnet luar ditambah maka bahan akan mencapai magnetisasi saturasi sebesar  $0.91\text{memu}$  kemudian apabila magnet luar diperkecil hingga nol maka magnetisasi tidak nol dimana magnetisasi masih tersisa  $0.16\text{memu}$  yang disebut magnetisasi remanen ( $m_r$ ). Apabila ingin menghilangkan atau menjadikan magnetisasi mencapai nol maka membutuhkan magnet luar sebesar  $93.86\text{ Oe}$ , besar medan magnet luar

diperlukan menjadikan sebuah magnetisasi konstan disebut medan luar koersifitas ( $H_c$ ). Sampel ini termasuk bahan magnet lunak, karena nilai koersifitasnya kurang dari  $200\text{ Oe}$ .

Berdasarkan pengolahan data hasil pengujian yang telah dilakukan sifat magnetik pada nanokomposisi  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$  variasi komposisi 30 ml  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ :10 ml PVDF, 10 ml  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ :30 ml PVDF, 20 ml  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ :10 ml PVDF, 10 ml  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ :20 ml PVDF, dan 10 ml  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ :10 ml PVDF yang ditunjukkan pada sebuah Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perbandingan Komposisi dengan Lima Variasi Sifat Magnet Nanokomposit  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$

No	Variasi Komposisi ( $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$ )	$H_c$ (Oe)	$M_s$ (memu)	$M_r$ (memu)
1	30 ml : 10 ml	208.31	2.07	0.41
2	10 ml : 30 ml	293.42	0.97	0.28
3	20 ml : 10 ml	163.20	2.18	0.35
4	10 ml : 20 ml	335.88	1.07	0.27
5	10 ml : 10 ml	93.86	0.91	0.16

Pada Tabel 1 di atas menghitung masing-masing nilai koersifitas, magnet saturasi dan magnet remanen dari nanokomposit  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$  dengan variasi komposisi 30:10, 10:30, 20:10, 10:20, 10:10. Berdasarkan variasi komposisi masing-masing bahwa sifat magnetic dipengaruhi oleh penambahan konsentrasi  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  dan PVDF serta ukuran butir yang terbukti.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dalam pembuatan nanokomposit  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$  dengan metode sol-gel dengan variasi komposisi  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$  yaitu 30 ml  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ :10 ml PVDF, 10 ml  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ :30 ml PVDF, 20 ml  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ :10 ml PVDF, 10 ml  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ :20 ml PVDF, dan 10 ml  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ :10 ml PVDF. Berdasarkan analisa didapatkan bahwa setiap sampel yang variasi komposisi  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  dari nanokomposit  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$  memberikan respon magnetik yang tinggi seiring bertambahnya konsentrasi  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  dalam PVDF. Semakin banyak  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  diberikan maka respon magnetik juga semakin kuat dibuktikan dengan  $M_r$  dan  $M_s$  yang besar dengan nilai yang didapat lebih kecil dan begitu sebaliknya. Dan ditandai dengan nilai  $H_c$  yang melebihi  $200\text{ Oe}$  yang merupakan magnet tipe keras sedangkan nilai  $H_c$

yang kurang dari 200 Oe disebut dengan magnet tipe non permanen.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ratman, N., Surwanti, T., dan Samodra, H. 1988. Peta Geologi Indonesia Lembar Surabaya Edisi Ke 2, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- [2] Hayati Sukma. 2014. Pengaruh Variasi Temperatur Kalsinasi terhadap Karakterisasi Besi Oksida dari Bijih Besi yang terdapat di Sungai Kunyit Kecamatan Sangir Balai Janggo, Kabupaten Solok Selatan. Skripsi. Padang: Universitas Negeri Padang.
- [3] 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.
- [4] Hosokawa, M. Et al., 2007, Nanoparticle Technology Hardbook, 1st edition. Elsevier. UK.
- [5] M. Djamal, Ramli, R. Wirawan, E. Sanjaya. 2011. *Sensor Magnetik GMR, Teknologi dan Aplikasi Pengembangannya, Prosiding Pertemuan Ilmiah XXV HFI*. Jateng, DIY.
- [6] Takayangi. Et. Al. 2007. Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Uinjk.
- [7] Hadiyawarman, Rijal A, Nuryadin BW., Mikrajuddin Andullah, dan Khairurrijal. 2008. *Fabrikasi Material Nanokomposit Superkuat, Ringan, dan Transparan Menggunakan Metode Simple Mixing*. Jurnal Nanosains & Nanoteknologi. Vol 1, pp. 28-32.
- [8] Rao, C. N. R. Et. al. 2004. *The Chemistry of Nanomaterials: Synthesis. Properties and Applications*. Vol 1 : 3-527-30686-2.
- [9] Setiadi , E.A, Nanda, S, Hesti. R, N, Fadhilah, takeshi. K, Sathosi. W dan Edi. S. 2013. *Sintesis Nanopartikel Cobalt Ferrite (CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) dengan Metoda Kopresipitasi dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya*. Indonesia Journal Of Applied Physic. Vol.3 No.1 halaman 55.
- [10] Khairunnisa Hafsa. 2017. Pengaruh Penambahan Fe Pada Pembuatan Bonded Magnet NdFeB terhadap Sifat Fisis dan Sifat Magnet. Skripsi. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- [11] Brinker, C. J., Scherer, G.W., 1990, "Sol Gel Science, The Physic and Chemistry of Sol Gel Pocessing", Academic Press.
- [12] Afza, e. 2011. Pembuatan Magnet Permanen Ba-Hexaferrite (BaO.6Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dengan Metode Kopresipitasi dan Karakterisasinya. Skripsi. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- [13] Purnomo, P. 2013. *Sintesis  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Menggunakan Metode Sol Gel*. Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- [14] Diana, Putri., Ramli., Yenni Darvina., 2019. Pengaruh Variasi Komposisi Terhadap Struktur Mikro Lapisan Nanokomposit CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/PVDF Yang Disintesis Dengan Metode *Spin Coating*. Padang: Universitas Negeri Padang.
- [15] Wati, D.L., 2012. *Fabrikasi Superparamagnetic Iron Oxide Nanoparticles (SPIONs) Magnetik Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dengan Metode Kopresipitasi, [Skripsi]*. Jurusan Fisika FMIPA UGM, Yogyakarta.