

PENGARUH VARIASI KOMPOSISI PADA SIFAT MAGNET DARI NANOKOMPOSIT $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ YANG DISINTESIS DENGAN METODE SOL-GEL *SPIN COATING*

Helmita^{*)}, Ramli dan Hidayati

*Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang,
Jl. Prof. Dr. Hamka Air Tawar, Padang 25131*

^{*)}helmitaipatiga@gmail.com

ABSTRACT

NiFe_2O_4 -polyaniline nanocomposites (NiFe_2O_4 -PANi) with different contents of NiFe_2O_4 and PANi (30%,40%,50%,60% and 70% were prepared via sol-gel spincoating method. The prepared sample were characterized using some techniques such as X-Ray diffraction and magnetic properties of the nanocomposites were measured using vibrating sample magnetometer. Nanocomposites were prepared using sol-gel spin coating technique ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ and $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ precursors. Composite gels were coated on a glass substrate followed by drying and annealing to be used as thin films. Thin layers of nanocomposites were characterized using X-Ray Diffraction and Vibrating Sample Magnetometer, crystal size, coercivity, remanent magnetization, saturation magnetization at 30% composition were 44.36nm, 512Oe, 1.02mm, 1.02mm, at 40% variation respectively was 21.20 nm; 579,91Oe; 1,07 mm; 3,15mm; on 50% variation were 42,25nm; 562,42Oe; 1,04mm; 3,50mm; on 60% variation 43,96nm respectively; 639 .0Oe; 1.04mm; 3.01mm, at 60% variation respectively 39.18nm; 447.21Oe; 1.33mm; 4.38. Variations of NiFe_2O_4 / PaNi nanocomposite composition affect crystal size and magnetic properties of nanocomposite samples NiFe_2O_4 / PaNi.

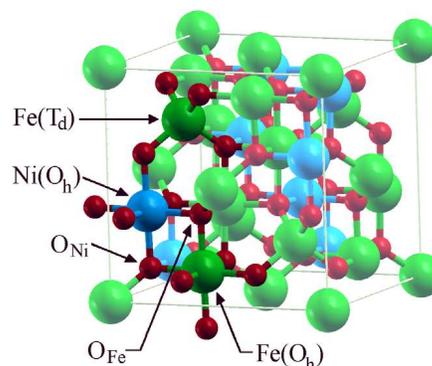
Keywords : Composition Variation, Magnetis Properties, Nanocomposites, NiFe_2O_4 , PANi, , Sol-Ge Spin Coating Method , Thin Film,

PENDAHULUAN

Sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, juga harus didukung dengan sumber daya alam, ilmu pengetahuan, sarana dan prasarana pendukung yang terkait didalamnya, salah satunya termasuk fasilitas peralatan dan kebutuhan material untuk pembuatan bahan baku industri. Pembuatan bahan baku yang menjadi riset sekarang adalah pembuatan bahan nanokompisit. Nanokomposit yaitu campuran dari dua bahan atau lebih yang dicampur secara makroskopis. Komposit bisa dibuat dengan bahan dasar ferit dan pengikat bahan bukan magnet seperti semen portland, polimer, yang dicampur dengan komposisi yang ditentukan^[1].

*Spinell*ferit memiliki rumus struktur MFe_2O_4 (M adalah ion logam divalen, contohnya Ni, Co, Cu, Mn, Mg, Zn, Fe) dengan struktur kristal kubik spinel^[2]. *Spinel* ferit memiliki sifat-sifat unggul seperti resistivitas listrik yang tinggi, adanya perambatan gelombang elektromagnetik frekuensi tinggi membuat material ini sangat potensial untuk diaplikasikan dalam teknologi penyimpanan data, peralatan gelombang mikro, alat-alat telekomunikasi, dan sensor gas^[3]. Salah satu nanopartikel magnetik *spinel* ferit yang banyak dikembangkan saat ini adalah nanopartikel *nickelferrite* (NiFe_2O_4).

Bahan ini memiliki struktur *spinel inverse*, yaitu semua ion Ni^{2+} berada di *site* oktahedral dan ion Fe^{3+} terdistribusi merata di *site* tetrahedral dan oktahedral



Gambar 1. Struktur Kristal Nikel Ferrite

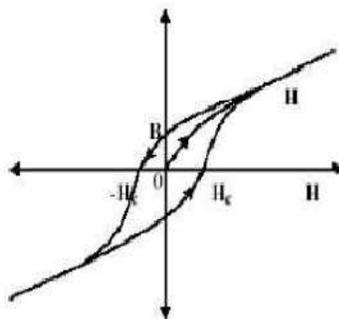
Banyak bahan pengikat yang digunakan untuk membuat komposit contohnya adalah bahan polimer^[1]. Diantara sekian banyak bahan polimer konduktif yang telah diketahui, *polyanilin* (PANi) yang paling intensif diteliti serta paling banyak dikembangkan karena stabilitas lingkungan yang sangat baik. Disamping itu, *polyanilin* memiliki sifat kimia dan fisika yang mudah dikontrol^[4]. Polimer konduktif *polyanilin* juga sudah pernah dikaji dalam aplikasi film tipis yang menjelaskan tentang hasil karakterisasi XRD dari film tipis *polyanilin* menunjukkan sifat amorf untuk struktur topografinya berbentuk granular pada setiap pembentukan serat mikro polianilin^[5].

Polyanilin atau lebih sering dikenal dengan PANi adalah salah satu jenis polimer konduktif yang

semakin luas penggunaannya dan sudah banyak diteliti. Penelitian-penelitian terus menerus dilakukan terlebih setelah pada tahun 2000 Sirakawa Heageen dan MacDiarmid memperoleh penghargaan Nobel atas penemuan dan perkembangan polimer konduktif *polyanilin*^[6]. Aplikasi PANi merambah pada bidang teknologi fungsional, seperti sensor kimia khususnya sensor gas, piranti elektrokromik, sel fotovoltanik, LED polimer, dan baterai sekunder. Selain itu bahan polimer konduktif juga dapat beroperasi pada suhu kamar. PANi juga merupakan bahan yang sangat unik yaitu dapat mengalami perubahan sifat listrik, optik dan magnet yang dapat dibalik (*reversible*) melalui reaksi redoks dan doping-dedoping atau protonasi-deprotonasi sehingga sangat potensial dimanfaatkan pada berbagai aplikasi^[7].

Salah sifat unggul yang sama-sama dimiliki PANi dan NiFe_2O_4 terdapat pada sifat magnetnya dimana sifat magnet dari kedua bahan ini banyak diaplikasikan keberbagai bidang contohnya untuk pembuatan sensor kimia, sensor magnet, *electromagnetic interference* (EMI), alat-alat telekomunikasi dan sebagainya penyusun material seperti pembuat sensor giant magnetoresistance^[8,9]. Nilai dari sifat magnet dari kedua bahan ini bisa jadi akan bertambah setelah kedua bahan dicampurkan menjadi $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$. Membuat nanokomposit dari $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ yang mendapatkan hasil tentang sifat magnet dari bahan komposit $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ yang disintesis dengan metode polimerisasi *in-situ* dengan variasi komposisi dari komposit sebanyak 0%, 20%, 40%, 60%, dan 80%. Dari variasi komposisi yang dilakukan tersebut hasil yang didapat adalah sifat magnet dari komposit bergantung pada variasi dari komposit dimana, semakin banyak pemberian PANi dalam NiFe_2O_4 maka nilai kemagnetan akan semakin menurun, yang dapat dilihat *loop* kurva histeresis^[8].

Sifat magnet yaitu sifat benda logam yang bisa menarik besi atau baja dan memiliki medan magnet. Sifat-sifat kemagnetan benda dapat digambarkan melalui sebuah kurva yaitu kurva hysteresis. Kurva histeresis yaitu kurva hubungan antara intensitas magnet (H) terhadap medan magnet (B) terlihat pada Gambar 1.



Gambar 2. Kurva Histeresis Material Magnet

Berdasarkan pembacaan kurva histeresis nantinya bisa menentukan apakah magnet tersebut termasuk magnet lunak ataupun magnet keras. Koersivitas digunakan untuk membedakan magnet keras atau magnet lunak. Semakin besar gaya koersivitasnya maka semakin keras sifat magnetnya. Bahan dengan koersivitas tinggi berarti tidak mudah hilang kemagnetannya.

Metode-metode yang dapat dilakukan untuk mensintesis nanopartikel besi diantaranya yaitu metode *sol-gel*, flash combustion, kopresipitasi, mikroemulsi, hidrotermal, dan lain-lain. Metode sol gel merupakan metode untuk pembuatan partikel dalam orde nano, teknik yang digunakan dalam pembuatan metode sol gel yaitu memakai teknik kimia basah karena melibatkan larutan sebagai medianya^[10].

Metode Sol-gel *Spincoating* adalah salah satu cara untuk membuat nanokomposit. Metode sol-gel merupakan metode "*wet method*" karena pada prosesnya melibatkan larutan sebagai medianya. Pada metode sol-gel, sesuai dengan namanya larutan mengalami perubahan fase menjadi sol (koloid yang mempunyai padatan) dan kemudian menjadi gel (koloid tetapi mempunyai fraksi solid yang lebih besar daripada sol). Sedangkan metode *spin coating* adalah sebagai sebuah metode pembentukan lapisan tipis melalui proses pemutaran atau *spin*. Bahan yang akan dibentuk lapisan tipis dibuat dalam bentuk larutan atau *gel*, yang kemudian diteteskan di atas suatu substrat dan disimpan di atas piringan, yang dapat berputar dengan kecepatan yang cukup tinggi^[11]. Pemakaian kedua metode ini cocok digunakan untuk menjadikan nanokomposit menjadi lapisan tipis.

Penumbuhan lapisan tipis PANi dengan *spin coating* digunakan mengetahui nilai transmitansi dan absorpsi yang ada melalui pengukuran spectrum UV-vis. Spektrum Absorpsi PANi-EB diambil pada panjang gelombang tertentu untuk *polianiline-EB* yaitu di panjang gelombang 400-1000nm. Lapisan tipis *polianilin* memperlihatkan karakteristik optik basa emeraldin dengan puncak absorpsi yang tinggi disekitar panjang gelombang 440 nm^[12]. Potensi yang dimiliki PANi dalam orde nano menjadikan para peneliti melakukan penelitian secara intensif, hal ini dapat diketahui dengan adanya perkembangan berbagai aplikasi dengan bahan PANi sampai saat ini. Salah satunya adalah dengan adanya pengembangan dalam bentuk lapisan tipis. Penggunaan fabrikasi dalam bentuk lapisan tipis sangat luas, karena sifat bahan dapat dimodifikasi sesuai kebutuhan serta mudah diintegrasikan dalam bentuk divais.

Salah satu aspek yang mendapat perhatian sangat besar, terutama dalam bidang material lapisan tipis disebabkan karena mempengaruhi sifat magnet yang sangat bergantung pada bahan lapisan tipis yang akan diendapkan. Salah satu sifat magnet yang dapat

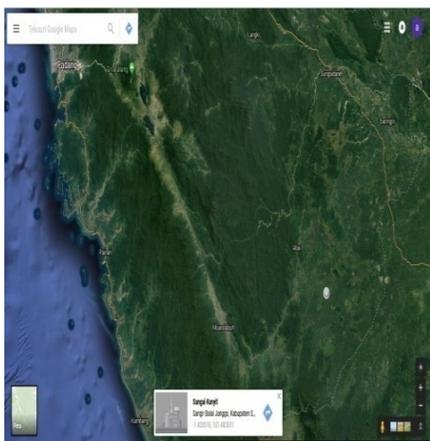
dipengaruhi berupa magnetisasi saturasi, magnetisasi remanen, koersifitas. Selain itu sifat-sifat unik yang dimiliki oleh lapisan tipis bergantung pada komposisi dan konsentrasi kimia karakteristik mikrostrukturnya seperti bentuk maupun ukuran partikel dapat dikontrol melalui proses fabrikasi yang banyak digunakan^[14].

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Penelitian ini mengkaji pengaruh variasi komposisi dari nanokomposit NiFe_2O_4 dalam PANi terhadap sifat magnetik nanokomposit NiFe_2O_4 /PANi dengan metode sol-gel *spin coating*. Sifat magnetik dari nanokomposit ini dikarakterisasi dengan menggunakan *Vibrating Sample Magnetometer*. Penelitian ini memiliki beberapa tahapan yaitu: tahapan preparasi sampel, tahapan pembuatan prekursor, tahap pembuatan nanokomposit, tahapan penumbuhan lapisan tipis, tahapan karakterisasi dan analisa data.

Metode penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, antara lain sebagai berikut :

Tahap pengambilan sampel pasir besi. Sampel pasir besi diambil di Sungai Kuyit kecamatan Sangir Balai Janggo, kabupaten Solok Selatan Sumatera Barat. Dapat dilihat Pada Gambar 3. Peta Sungai Kuyit Kecamatan Sangir Balai Janggo, Kabupaten Solok Selatan



Gambar 3. Peta Sungai Kuyit Kecamatan Sangir Balai Janggo Kabupaten Solok Selatan

Preparasi sample pasir besi. Sampel yang berupa bongkahan batu masih dalam ukuran besar dibuat menjadi ukuran nanopartikel dengan cara memecah batu lalu digiling menggunakan lumpang dan alu setelah itu dilanjutkan dengan proses *milling* menjadi nanopartikel dengan menggunakan alat *High Energy Milling* (HEM) dengan waktu *milling* selama 30 jam untuk memperoleh fasa homogen yang dilakukan selama 3 hari berturut-turut^[13]. Setelah pasir besi di *milling* kemudian pasir besi dimurnikan

untuk menghilangkan pengotor dengan cara dicuci dengan aquabidest dan dikeringkan dengan setrika, setelah itu pasir besi diuji lagi dengan *X-Ray Fluorescence* (XRF) dan *X-Ray Diffractometer* (XRD). Pasir besi diuji untuk melihat fasa yang muncul tertinggi setelah berukuran nanopartikel. Seperti Gambar 4.



Gambar 4. Pasir Besi Berukuran Nanopartikel

Proses pembuatan prekursor pasir besi. Pembuatan prekursor pasir besi dilakukan dengan metoda kimia yaitu metoda sol-gel menggunakan prekursor $(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O})$. Pembuatan prekursor $(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O})$ dilakukan pada suhu 110°C dengan mereaksikan 17,4 gr Fe_3O_4 dan 4,5 gr asam oksalat ($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$) dengan asam nitrat (HNO_3) sebanyak 42 mL. Proses sintesis sol-gel magnetit telah dilakukan sebelumnya^[14] melarutkan 14 gr prekursor yang dihasilkan dengan 55gr *ethylene glycol*. Larutan tersebut kemudian dipanaskan pada suhu 80°C selama 2 jam menggunakan *stirer* berkecepatan konstan. Seperti Gambar 5



Gambar 5. Prekursor Pasir Besi

Proses pembuatan prekursor NiFe_2O_4 . Pembuatan prekursor nikel dilakukan dengan metoda kimia basah yaitu metoda sol-gel menggunakan prekursor $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Pembuatan prekursor $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dilakukan dengan cara memanaskan nikel murni yang berupa serbuk pada suhu 650°C selama 3jam^[15]. Pemanasan ini didapatkan berupa NiO yang kehijauan. Dibuat dengan takaran 1,25gr NiO dicampurkan dengan 5,55gr asam sitrat dan 11,1gr PEG 4000 dan di *stirer* selama 2jam pada suhu 90°C setelah itu didiamkan selama 5 menit

diatas strirer untuk mengeringkan prekursor selanjutnya dicuci dengan aquabidest setelah itu dioven pada suhu 110°C selama 24 jam seperti Gambar 6



Gambar 6. Prekursor Nikel

Proses pembuatan NiFe_2O_4 . Mencampurkan prekursor nikel dan prekursor pasir besi sesuai dengan perbandingan yang telah ada pada penelitian sebelumnya dengan perbandingan takaran berikut ini: $(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}) : \text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} : \text{Asam sitrat} : \text{PEG 4000}$ sebanyak 1:2:4,44:8,88. Prekursor pasir besi $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 2,5gr dicampurkan dengan 5,55gr asam sitrat dan 11,1gr PEG 4000 dan di stirer selama 2jam pada suhu 90°C setelah itu didiamkan selama 5 menit diatas strirer untuk mengeringkan prekursor selanjutnya dicuci dengan aquabidest setelah itu dioven pada suhu 110°C selama 24 jam, agar NiFe_2O_4 kering sempurna untuk mendapatkan fase utuh NiFe_2O_4 setelah itu di kalsinasi pada suhu 400°C selama 2 jam hingga terbentuk serbuk murni NiFe_2O_4 ^[16]. Seperti pada Gambar 7



Gambar 7. NiFe_2O_4

Proses Melarutkan PANi. Proses pembuatan larutan PANi dimulai dari melarutkan 0,46565gr PANi dan 0,57045gr ammonium persulfate kedalam 50 ml HNO_3 dan di stirer selama 2 jam pada suhu 20°C . Proses pembuatan PANi ini telah dilakukan sebelumnya^[16] dimana PANi (0,2M) dan amonium persulfate (0,25M) dimasukkan kedalam 100 mL HNO_3 dan di stirer selama 1 jam pada suhu konstant. Seperti pada Gambar 8



Gambar 8. Larutan PANi

Proses pembuatan komposit $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$. Proses pembuatan komposit $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ yaitu dengan menentukan variasi komposisi sebanyak 30%, 40%, 50%, 60%, 70% setelah menimbang kedua bahan sesuai komposisi yang diinginkan mula-mula PANi sesuai konsentrasi di stirer bersama dengan amonium persulfate sebanyak 0,05066gr selama 15 menit pada suhu 20°C , setelah itu campurkan NiFe_2O_4 yang sudah ditimbang berdasarkan komposisi yang diinginkan stirer selama 48 menit pada suhu 80°C ^[16]. Seperti Gambar 9



Gambar 9. Larutan Komposit $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$

Proses pembuatan lapisan tipis nanokomposit $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$. Lapisan tipis ditumbuhkan dengan alat *spin coating* diatas substrat kaca yang telah dibersihkan menggunakan *ethanol*^[14]. Larutan sol $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ diteteskan diatas substrat kaca dan diputar dengan *spin coating*. Kecepatan *spin coating* yang digunakan 1000 rpm selama 60 detik^[17].

Tahap Karakterisasi. Untuk mengetahui sifat magnet dari nanokomposit digunakan alat karakterisasi *Vibrating Sample Magnetometer* dan mengetahui struktur kristalnya menggunakan (*X-Ray Diffraction*).

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. Teknik pengumpulan data sifat magnet dilakukan dengan membaca besaran-besaran yang terbaca dalam kurva *loophisteresis* dengan melihat karakteristik bahan menggunakan alat *Vibrating Sample Magnetometer*

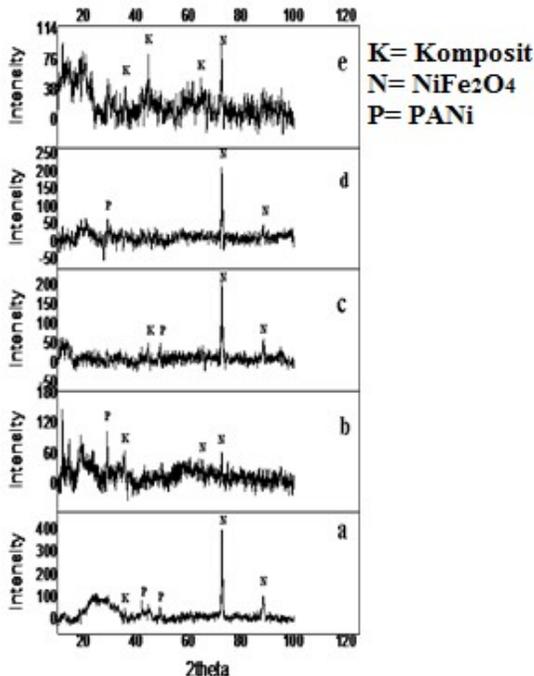
Teknik Analisa Data. Berdasarkan harga sudut 2θ dan I yang diperoleh dalam karakterisasi menggunakan XRD dianalisis struktur kristal dari lapisan tipis magnetit. Informasi sistem kristal dan parameter kisi didapatkan dari hasil analisis pola difraksi menggunakan *Software HighScore Plus*. Berdasarkan nilai FWHM untuk setiap puncak pada grafik yang diperoleh dalam karakterisasi menggunakan XRD dapat dihitung ukuran butir kristal lapisan tipis magnetit menggunakan persamaan *Scherer*. Sifat magnet berdasarkan metode pengukuran yang diambil dapat menghasilkan karakteristik magnetik bahan seperti momen magnetik saturasi (Ms), momen magnetik remanen (Mr), koersivitas magnetik intrinsik (Hc).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

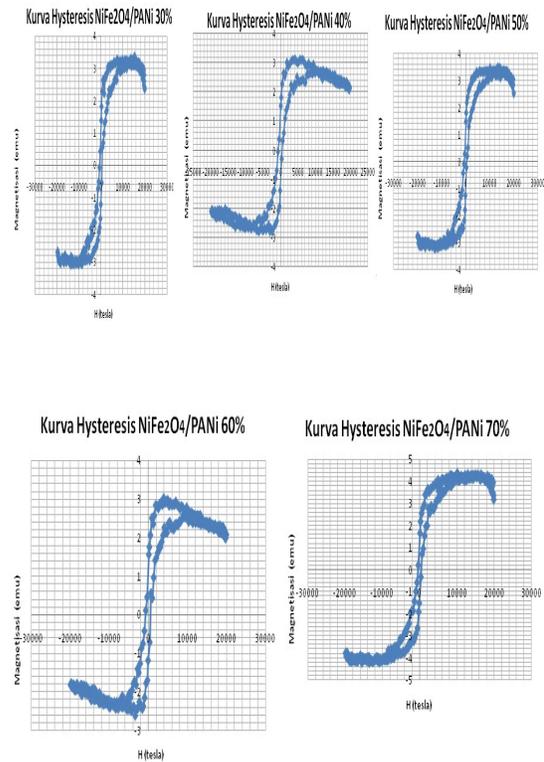
Hasil dari penelitian ini yaitu berupa data identifikasi data, struktur dan ukuran butir yang diuji menggunakan XRD dan kurva loop hysteresis yang didalamnya terdapat Ms, Mr dan Hc yang diukur menggunakan *Vibrating Sample Magnetometer* berdasarkan variasi komposisi antara PANi dan NiFe₂O₄ sebanyak 30%, 40%, 50%, 60%, 70%

a. Data hasil karakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction*



Gambar 10. Data Hasil XRD nanokomposit NiFe₂O₄/PANi (a) 30% (b) 40% (c) 50% (d) 60% (e) 70%

b. Data hasil karakterisasi menggunakan *Vibrating Sample Magnetometer*



Gambar 11. Data Hasil VSM nanokomposit NiFe₂O₄/PANi

Tabel 1. Sifat Magnet Nanokomposit Beserta Ukuran Butir Variasi 30%,40%,50%,60%,70%

N o	Variasi Komposisi (%)	Ukuran Kristal D (nm)	Hc (Oe)	Ms (memu)	Mr (memu)
1	30%	44,36	572,16	3,39	1,02
2	40%	21,26	579,91	3,15	1,07
3	50%	42,25	562,42	3,50	1,04
4	60%	43,96	639,05	3,01	1,02
5	70%	39,18	447,21	4,38	1,33

B. Pembahasan

a. Pengaruh komposisi NiFe₂O₄ dalam PANi terhadap struktur nanokomposit NiFe₂O₄/PANi

Pengaruh variasi komposisi terhadap intensitas orientasi kristal, memperlihatkan adanya perubahan nilai ukuran kristalit rata-rata pada setiap variasi. Berdasarkan persamaan *Scherer*, nilai FWHM menentukan ukuran kristalit yang terbentuk sesuai dengan bidang kristalnya. Semakin rendah nilai FWHM suatu

puncak XRD maka ukuran, kristalinitas akan semakin besar. Ukuran kristalinitas rata-rata masing-masing komposisi NiFe_2O_4 dan PANi dengan variasi 30%; 44,36 nm, 40%; 21,20 nm, 50%; 42,25 nm, 60%; 43,96 nm, 70%; 39,18 nm dengan kecepatan putar pada 1000 rpm semakin cepat kecepatan putar maka ukuran kristalinitas berkorelasi dengan ketebalan lapisan. Hal ini sesuai dengan penelitian Cobalt Ferrit mendapatkan adanya penurunan ketebalan ukuran kristalinitas dengan menipisnya ketebalan lapisan dari 58-40 nm^[18].

b. Pengaruh Komposisi NiFe_2O_4 dalam PANi terhadap sifat magnetik nanokomposit $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$

Sifat magnet nanokomposit $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ didapat melalui karakterisasi menggunakan alat *Vibrating Sample Magnetometer* yang disingkat dengan *Vibrating Sample Magnetometer*. Pengujian sifat magnet dari bahan nanokomposit $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ dilakukan di laboratorium pusat penelitian fisika Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) menggunakan VSM Tipe M250. Sifat kemagnetan sangat ditentukan oleh ukuran kristalinitas atau butir, bentuk dan distribusi kristalinitas, serta jenis fasa magnetik penyusun struktur komposit. Interaksi pertukaran antar butir serta interaksi dipolar memainkan peran penting dalam menentukan sifat kemagnetan dari magnet nanokomposit. Efek interaksi pertukaran dua fasa magnet yaitu menggabungkan *coercivity* yang tinggi (H_c) dari fasa keras dan magnetisasi (M_s) yang tinggi dari fasa lunak. Ukuran kristalinitas mempengaruhi nilai koersifitas dari nanokomposit $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$. Berdasarkan data hasil karakterisasi menggunakan VSM Tipe M250 didapatkan bahwa semua sampel $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ memiliki nilai koersifitas di atas 200 Oe yang merupakan magnet tipe keras^[19]. Nilai koersifitas yang tinggi ini melebihi 200 Oe terlihat pada komposisi 30% sebesar 512,16 Oe pada 40% sebesar 579,91 Oe, pada 50% sebesar 562,41 Oe, pada 60% sebesar 639,05 Oe, pada 70% sebesar 447,21 Oe. Selain nilai dari koersifitas sifat magnet nanokomposit $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ juga dipengaruhi oleh kurva histeresis bentuk kurva dari kelima variasi yang terjadi yaitu bentuk kurva yang agak lebar dan luas menunjukkan energi diperlukan untuk magnetisasi jika luas kurva semakin lebar maka energi magnetisasi yang diperlukan akan semakin besar. Pada sintesis beserta karakterisasi sifat magnet nanokomposit Fe_3O_4 -montmorillonit berdasarkan variasi suhu menyatakan bahwa luasan kurva histeresis menunjukkan energi diperlukan untuk magnetisasi^[20]. Magnetisasi saturasi merupakan keadaan dimana terjadi kejenuhan, nilai medan magnet akan selalu konstant walaupun medan eksternal dinaikan terus^[21] untuk bahan magnet keras seperti pada

penelitian ini luasan loop histeresis bahan yang saturasinya terjadi pada harga H tinggi disebut dengan magnet keras dengan magnetisasi saturasi pada variasi 30% sebesar 3,39 mm, pada variasi 40% sebesar 3,15 mm, pada variasi 50% sebesar 3,50 mm pada variasi 60% sebesar 3,01 dan pada variasi 70% sebesar 4,58 nilai magnetisasi saturasi juga berbanding terbalik dengan nilai koersifitas saat nilai koersifitas tinggi maka nilai magnetisasi saturasi semakin rendah. Selain koersifitas dan magnetisasi saturasi, magnetisasi remanen yang merupakan sisa medan magnet dalam proses magnetisasi pada saat medan magnet dihilangkan. Hubungan magnetisasi remanen sangat erat dengan koersifitas karena untuk mendapatkan koersifitas yang tinggi magnetisasi atau sisa harus lebih sedikit^[22]. Harga intensitas magnet sama dengan 0 atau dibuat negatif maka akan memotong sumbu pada harga H_c . Intensitas H_c inilah yang diperlukan untuk membuat rapat fluks $B=0$ dan untuk menghilangkan rapat fluks dalam bahan nanokomposit. Intensitas magnet H_c ini disebut koersifitas bahan^[23]. Semakin tinggi nilai koersifitas yang terbaca berarti tidak mudah hilang kemagnetannya. Bahan seperti itu baik digunakan untuk membuat magnet permanen^[24].

Tabel 1 juga memperlihatkan bahwa ukuran kristal mempengaruhi sifat magnet. Hal ini didukung oleh penelitian Wati (2012), melakukan penelitian tentang nanopartikel magnetit yang di-coating menggunakan polietilen glikol. Hasil pengukuran *vibrating sample magnetometer* (VSM) menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran butir (diameter) nanopartikel magnetit maka semakin tinggi respon magnetik pada nanopartikel tersebut. Terlihat pada Tabel 9 yaitu pada variasi 30% dengan ukuran kristal sebesar 44,36 nm dengan magnetisasi remanen sebesar 1,02 mm, pada variasi 40% dengan ukuran kristal sebesar 21,26 nm dengan magnetisasi remanen sebesar 1,07 mm, pada variasi 50% dengan ukuran kristal sebesar 42,25 nm dengan magnetisasi remanen sebesar 1,04 mm, pada variasi 60% dengan ukuran kristal sebesar 43,96 nm dengan magnetisasi remanen sebesar 1,02 mm, pada variasi 70% dengan ukuran kristal sebesar 39,18 nm dengan magnetisasi remanen sebesar 1,33 mm.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah berhasil dilakukan pembuatan nanokomposit $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ dengan metode sol-gel *spin coating* dengan variasi komposisi

- NiFe₂O₄ dalam PANi yaitu 30%, 40%, 50%, 60%, 70% dengan ukuran rata-rata 40nm.
2. Berdasarkan analisa didapatkan bahwa variasi komposisi NiFe₂O₄ dalam PANi pada variasi NiFe₂O₄ dalam PANi mempengaruhi sifat magnetik dari nanokomposit NiFe₂O₄/PANi semakin banyak variasi maka sifat magnetik juga semakin kuat dan ukuran butir juga ikut mempengaruhi sifat magnet dari bahan semakin kecil ukuran butir sifat magnet semakin bertambah kuat.
 3. Berdasarkan hasil pengujian VSM pada variasi 30% dengan ukuran kristal sebesar 44,36 nm dengan magnetisasi remanen sebesar 1,02 mm, pada variasi 40% dengan ukuran kristal sebesar 21,26 nm dengan magnetisasi remanen sebesar 1,07 mm, pada variasi 50% dengan ukuran kristal sebesar 42,25 nm dengan magnetisasi remanen sebesar 1,04 mm, pada variasi 60% dengan ukuran kristal sebesar 43,96 nm dengan magnetisasi remanen sebesar 1,02 mm, pada variasi 70% dengan ukuran kristal sebesar 39,18 nm dengan magnetisasi remanen sebesar 1,33 mm

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak DRPM Dikti yang telah mendanai penelitian ini melalui Penelitian Berbasis Kompetensi dengan nomor kontrak: 800/UN35.2/PG/2018

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Karokaro A, Suharpiyu, M Febri, Mujamillah, E. Yulianti, S. Purwanto, Ridwan, Sudirman. 2002. Aplikasi Resin Poliester dan Epoksi dalam Pengembangan Rigid Bonded Magnet. Jurnal Sains Materi Indonesia Vol.3 No.2. Tangerang: Puslitbang Iptek Bahan (P3IB) BATAN
- [2] Jatiutoro, P. 2006. Pembuatan dan karakterisasi magnet komposit dari bahan magnet barium heksaferit (BaO.6Fe₂O₃). UNNES: Semarang
- [3] S. Joshi, M. Kumar, S. Chhoker, G. Srivastara, M. Jawariya dan V.N Singh, V.N. 2014. Structural, Magnetic, Dielectric And Optical Properties Of Nickel Ferrite Nanoparticles Synthesized By Co-Precipitation Methode, *Journal Of Molecular Structure*, Vol 1076, Pp 55-62
- [4] Setianingsih Enni. 2014. Karakteristik Struktur, Sifat Optik dan Sifat Listrik Film Tipis Polianilin Doping H₂SO₄ yang Ditumbuhkan dengan Metode *Spin Coating*. Skripsi. Universitas Negeri Semarang
- [5] Salah, Abdulla Hasoon and Abdullah Ibrahim Abbo. 2012. Optical and Electrical Properties of Thin Films Of Polyaniline and Polypyrrole. Baghdad : College of Science for Women-Physics department. *Int. J. Electrochem. Sci.*, 7, 10666 – 10678
- [6] Rositawati, N.D. 2004. Pengaruh Doping Dan Annealing Terhadap Konduktivitas Listrik Film Polianilin. Yogyakarta: Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Sanata Dharma
- [7] Handayani, A., dkk. 2007. Pengamatan Struktur mikro dengan Mikroskop Optik dan *Scanning Electron Microscope (SEM-EDAX)*. Pusdiklat. Jakarta. 21 – 31 Mei 2007
- [8] Prasanna GD, RL Ashok, VB Prasad, Dan HS Jayanna. 2014. Synthesis And Characterization Of Magnetic And Conductive Nickel Ferrite-Polyaniline Nanocomposites. *Journal Of Composite Material* 0(0) 1-9
- [9] Ramli, A. Hartono, E. Sanjaya, A. Aminudin, Khairurrijal, F. Haryanto, C. Imawan, M. Djamal, (2016), Novel Ternary CoFe₂O₄/CuO/CoFe₂O₄ as a Giant Magnetoresistance Sensor, *J. Math. Fund. Sci.*, Vol. 48, No. 3, hal. 230-240
- [10] Murti F, Ramli, Darvina Y, 2017. Analisis Sifat Listrik Lapisan Tipis Fe₃O₄ yang Dipreparasi dari Pantai Tiram Kabupaten Padang Pariaman Sumatera Barat Dengan Metode Sol-Gel Spin Coating. *Pillar of Physics* Vol. 10 hal 31-38
- [11] Hidayat. 2014. Pengaruh Suhu dan Kecepatan Putar *Spin Coating* Terhadap Kinerja Sel Surya Organik Berbahan Dasar TiO₂. Bandung : Universitas Telkom
- [12] Aryati, T dan Yayah Y. 2001. Pembuatan dan Pengukuran Transmittansi Bahan Polianilin Kompleks. Padjajaran : Laboratorium Material Jurusan Fisika Fakultas IPA Universitas Padjadjaran.
- [13] Darvina, Y., Rianto, D., Murti F., Yulfriska N., Ramli. 2017. Struktur Nano Partikel Oksida Besi dari Pasir Besi Pantai Tiram Sumatera Barat. Prosiding Semirata 2017 Bidang MIPA BKS-PTN Wilayah Barat. Hal 1082.
- [14] Eken, A. E, Ozenbas, M. 2009. Characterization Of Nanostructured Magnetite Thin Films Produced By Sol-Gel *Processing Journal Sol-Gel Sci Technol.* 50:321-327
- [15] Chung DDL. 2001. Electromagnetic Interference Shielding Effectiveness Of Carbon Materials. *Carbon.* 39:278-289. ISSN 0008-6223
- [16] Khairy M, M.E Gounda. 2014. Electrical And Optical Properties Of Nickel Ferrite/Polyaniline Nanocomposite. *Journal Of Advance Research* Vol.6 Issue 4 Pages 555-562
- [17] Rianto D, N Yulfriska, F Murti, H Hidayati, R Ramli. 2017. Analisis Struktur Kristal dan Morfologi Lapisan Tipis Magnetit Fe₂O₄ Berbahan Dasar Pasir Besi Alam yang Ditumbuhkan Dengan Metode Spin Coating. Skripsi. UNP: Padang

- [18] Ramli, Jonuarti, R., Hartono, A. 2017. Analisis Struktur Nano dari Lapisan Tipis *Cobalt Ferrite* yang Dipreparasi dengan Metode *Sputtering*. Eksakta Vol. 18 No. 1
- [19] Khairunnisa Hafsah .2017. Pengaruh Penambahan Fe Pada Pembuatan Bonded Magnet NdFeB Terhadap Sifat Fisis Dan Sifat Magnet. Skripsi. Medan: Universitas Sumatera Utara
- [20] M, Djamal,. Ramli,. Khairurrijal and F. Haryanto. 2015. Development of Giant Magnetoresistance Material Based On Cobalt Ferrite. *Acta Physica PolonicaA* .Vol.128, hal 19-22.
- [21] Nasheri, G.M., Bin E. S. H., Abbastabar A.M., Hashim A.H., Shaari. 2011. Syntesis and Characterization of Manganese Ferrite Nanoparticles by Thermal Treatment Methode. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. Vol 323. Pp. 1745-1749
- [22] Paveena, A.Z. Tachan, M. Boutbara. 2010. The Effect of Substrate Temperature on Structural and Physical Properties of Ultrasonically Sprayed Cds Film; *Materials Chemistry and Physics*. 94
- [23] Giancoli, D. C. 2001. *Fisika Edisi Kelima Jilid 2 (Terjemahan)*. Jakarta: Erlangga
- [24] Dong XM, Fu RW, Zhang MQ, Zang B, Rong MZ.2004. Electrical Resistance Response Of Carbon Black Filled Amorphouse Polymer Composite Sensors To Organic At Low Vapor Concentrations. *Carbon* 42(12-13);2551-9