

Pengaruh Variasi Komposisi $MnFe_2O_4$ Terhadap Sifat Magnetik Nanokomposit $MnFe_2O_4/PANi$ yang Disintesis dengan Metoda Sol – Gel Spin Coating

Zhafrandy Eka Senida¹⁾, Ramli²⁾, Ratnawulan²⁾, Hidayati²⁾

¹⁾Mahasiswa Pendidikan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

²⁾Staf Pengajar Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

zhafrandyekas@gmail.com, ramli@fmipa.unp.ac.id, ratnawulan320@gmail.com,

hidayati_unp@yahoo.co.id

ABSTRACT

Currently the progress of material nanocomposite can be applied for some of electronic device, bio medic, and electronic engineering. This is because nanocomposite has multifunction of magnetic properties. Most of device use nanoparticles was made from ferrite material, such as $MnFe_2O_4$ with high electrical performance, high magnetic permeability. And as matrix used PANi with good thermal stability and high conductivity. With this advantages, synthesis both material can be applied for electronic device like magnetic sensor. Synthesis $MnFe_2O_4/PANi$ nanocomposite material with 30%, 40%, 50%, 60%, and 70% composition variation of $MnFe_2O_4$ with Sol-Gel method has been success. $MnFe_2O_4/PANi$ nanocomposite was prepared by make of Fe_2O_3 precursor, make $MnFe_2O_4$ and PANi solution with sol-gel method, make $MnFe_2O_4/PANi$ nanocomposite with spin coating, heating, and sintering the nanocomposite. This nanocomposite characterized with XRD, FTIR, and VSM. Magnetic properties nanocomposite were measured with a Vibrating Sample Magnetometer (VSM). Result of VSM shows value of coercivity (H_c), remanence magnetization (M_r) and saturation magnetization (M_s). Highest value of coercivity shows in 60% composition variation with score 389,99Oe, from the value of coercivity, we can classified this nanocomposite as a hard magnet. And for the value of saturation magnetization is 1,07 memu and remanence magnetization is 0,35 memu. The applied field of nanocomposite shows in loop hysteresis with range $-10000 \leq H \leq 10000$, it show the ferromagnetic behavior. Ferromagnetic is one of material properties which needed for magnetic sensor. So can be concluded that $MnFe_2O_4/PANi$ nanocomposite can be applied for magnetic sensor.

Keywords : Composition variation, nanocomposite, $MnFe_2O_4$, PANi, sol-gel method, spin coating, magnetic properties,



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.

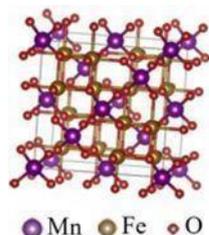
PENDAHULUAN

Pada saat ini nanoteknologi merupakan salah satu dari sekian cabang ilmu pengetahuan yang membangkitkan perhatian dari para ilmuwan di seluruh dunia. Pengertian dari nanoteknologi itu sendiri merupakan sebuah ilmu tentang rekayasa penciptaan sebuah material, struktur fungsional material, serta piranti dalam skala ukuran nanometer^[1]. Apabila sebuah material memiliki ukuran dalam skala nanometer maka material tersebut akan memiliki sejumlah sifat kimia dan sifat fisika yang lebih unggul jika dibandingkan dengan material dengan ukuran yang lebih besar. Hal ini dikarenakan material tersebut akan menghasilkan beberapa sifat yang tidak akan dihasilkan oleh material dengan ukuran yang lebih besar. Sifat tersebut bisa dimodifikasi dengan cara mengontrol ukuran dari material, pengaturan dari komposisi kimianya, mengubah bentuk dari permukaan, dan pengontrolan interaksi antara setiap partikel^[1]. Satu dari sekian banyak material dalam skala nano yang memiliki aplikasi yang luas

serta banyak dimanfaatkan adalah material nanocomposite.

Material nanokomposit ini dapat dimanfaatkan dalam beberapa *device* seperti dalam perangkat dalam bidang elektronika, industri telekomunikasi, peralatan biomedis dan dalam rekayasa elektronik. Hal ini dikarenakan multifungsinya sifat kemagnetan yang dimiliki material tersebut. Sebagian besar *device* tersebut banyak menggunakan nanopartikel dengan bahan ferrit lunak, dimana salah satunya yaitu manganese ferrite ($MnFe_2O_4$)^[2]. Mangan Ferrit ini sendiri banyak dimanfaatkan karena memiliki tingkat elektromagnetik yang tinggi di rentang frekuensi yang luas. Mangan Ferrit juga merupakan sebuah komposit magnet yang mana bahannya ringan, biayanya murah, memiliki tingkat fleksibilitas desain, dan memiliki sifat penyerap gelombang yang baik^[3]. Mangan Ferrit biasanya diaplikasikan dalam perangkat elektronik seperti chip pada memori komputer, media penyimpanan data, *radio frequency coil fabrication* dan *transformer cores*. Pemakaiannya dalam perangkat elektronika ini disebabkan karena tingkat

permeabilitas kemagnetannya yang tinggi^[2]. Sifat magnetik dari Mangan Ferrit bergantung kepada komposisi bahan, bentuk morfologi dan ukuran dari partikel. Bentuk struktur kristal dari $MnFe_2O_4$ ditunjukkan dalam Gambar 1:



Gambar 1. Struktur Kristal $MnFe_2O_4$ ^[4].

Selain sebagai matriks sering dimanfaatkan komposit polimer konduktif. Komposit polimer konduktif juga mendapatkan perhatian besar karena penggunaannya dalam berbagai aplikasi teknologi contohnya dalam perangkat elektronika, penangkal untuk gelombang elektromagnetik, lapisan konduktif dan dalam bidang sensor^[5]. Teknologi komposit polimer memerlukan polimer yang tepat untuk digunakan sebagai matriks yang akan menyusun komposit tersebut.

Salah satu polimer konduktif yang dapat digunakan yaitu Polianilin (PANi). Polianilin sendiri adalah salah satu polimer konduktif yang memiliki sifat - sifat yang unik, diantaranya yaitu memiliki tingkat stabilitas termal yang baik dan nilai konduktivitas yang tinggi. Selain itu jika dibandingkan dengan polimer konduktif lainnya Polianilin lebih mudah disintesis baik secara elektrokimia maupun secara kimia^[6]. Dengan mensintesis $MnFe_2O_4$ dengan PANi tentunya akan menghasilkan suatu material baru yang memiliki keunggulan sifat yang lebih kaya dari material aslinya.

Salah satu keunggulan yang didapat dari $MnFe_2O_4$ dan PANi adalah terdapat pada sifat magnetnya, dimana sifat magnet dari nanokomposit ini banyak diaplikasikan keberbagai bidang seperti dalam pembuatan sensor kimia, sensor magnet, dan *Electromagnetic Interference* (EMI). Dalam ukuran nano, spinel ferit memiliki sifat ferromagnetik yang kuat sehingga memiliki peluang besar dalam bidang sensor magnet dan juga pada bidang industri elektronik. Sensor magnetik sendiri yaitu sensor untuk mengukur besaran - besaran fisika akibat dari pengaruh dari perubahan besar medan magnet. Sensor magnet tidak mengukur langsung sifat - sifat fisik besaran fisika, tetapi pengukuran dilakukan dengan cara mendeteksi perubahan dari medan magnet karena keberadaan atau pergerakan dari sebuah objek pengukuran.

$MnFe_2O_4$ /PANi memiliki keunggulan seperti menunjukkan aktivitas fotokatalitik yang efisien dan stabilitas yang sangat baik dalam dekomposisi

fotokatalitik RhB di bawah irradiasi cahaya tampak. $MnFe_2O_4$ /PANi dapat dengan mudah dipisahkan oleh medan magnet eksternal dari suspensi berair^[7]. Selain itu $MnFe_2O_4$ /PANi memiliki tingkat stabilitas yang baik^[8].

Loop Hysteresis dari Nanokomposit $MnFe_2O_4$ /PANi pada suhu kamar memiliki nilai medan magnet luar (H) yaitu $-10.000 \leq H \leq 10.000$ Oe yang menunjukkan bahwa sampel memiliki perilaku ferromagnetic. Dengan nilai Magnetisasi Saturasi (M_s) sampel yaitu 14.6 emu/g, nilai Magnetisasi Remanen (M_r) 0.9 emu/g dan nilai Koersivitas (H_c) yaitu 13.1 Oe^[8]. Dari penelitian tersebut nanokomposit $MnFe_2O_4$ /PANi bisa diaplikasikan sebagai sebagai bahan untuk sensor magnet, salah satunya yaitu sensor GMR, dimana nanokomposit $MnFe_2O_4$ /PANi bisa dijadikan sebagai salah satu lapisan ferromagnetik pada sensor magnetik.

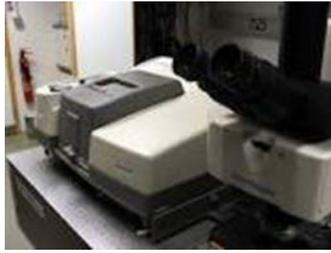
METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dibuat precursor $MnFe_2O_4$ dari campuran serbuk mangan dengan precursor pasir besi (Fe_2O_3) dan sebagai polimernya digunakan PANi. Dalam penelitian digunakan alat - alat seperti: *HEM-E3D*, magnetic stirrer, furnace, magnet permanen, timbangan digital, substrat kaca, lumpang dan alu, dan gelas ukur. Dan bahan yang digunakan yaitu: pasir besi (Fe_2O_3), mangan oksida, asam nitrat, asam sitrat, polyethylene glikol, aquabidest, polianiline, ammonium persulfat, asam klorida, asam oksalat, dan ethylene glikol. Dan untuk instrument karakterisasi sampel digunakan: *X-Ray Diffraction* (XRD), *Fourier Transform InfraRed* (FTIR), dan *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM). Instrument karakterisasi dapat diamati dalam Gambar 2, 3, dan 4. Gambar 2 ditampilkan bentuk dari alat XRD:



Gambar 2. *X-Ray Diffraction*

Pada Gambar 2 ditunjukkan bentuk dari alat XRD. *X-Ray Diffraction* dipakai untuk mendapatkan pola difraksi sinar-X dari nanokomposit yang akan dibentuk dan untuk melihat struktur kristalnya. Tipe XRD yang digunakan yaitu tipe X'Pert PRO merk PANalytical MPD PW3040/60. Selanjutnya pada Gambar 3 ditampilkan bentuk dari alat FTIR:



Gambar 3. *Fourier Transform InfraRed*

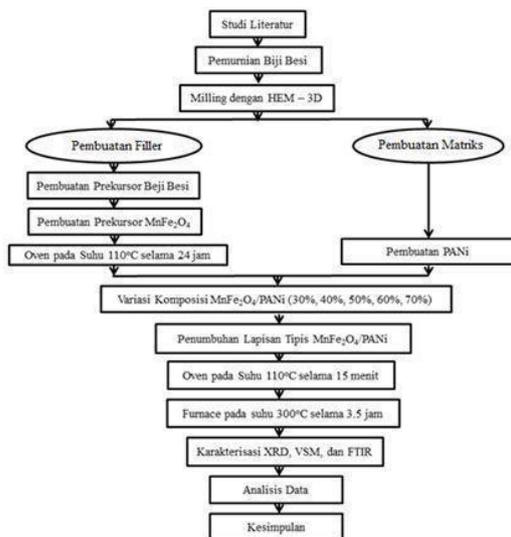
Dari Gambar 3 dapat diamati bentuk dari alat FTIR. Alat FTIR digunakan untuk mengetahui kandungan gugus fungsi dari nanokomposit. FTIR yang digunakan yaitu Merk Shimadzu Type: IRPESTIGE 21. Alat untuk karakterisasi Sifat Magnet bahan yaitu VSM, ditampilkan pada Gambar 4:



Gambar 4. *Vibrating Sample Magnetometer*

Gambar 4 memperlihatkan bentuk dari alat VSM. VSM adalah salah satu alat untuk mengukur magnetisasi yang bekerja berdasarkan metode induksi magnet. Dari VSM dihasilkan data berupa *loop hysteresis*, serta nilai – nilai besaran – besaran magnetik, seperti koersivitas (H_c), magnetisasi remanen (M_r) dan magnetisasi saturasi (M_s).

Pada Gambar 5 diperlihatkan langkah – langkah pelaksanaan penelitian dalam bentuk diagram alir:



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

Pemurnian pasir besi dilakukan dengan cara menarik dengan magnet permanen sebanyak 30 kali

tarikan, hal ini agar pasir yang mengandung besi tersebut akan terpisah dengan bahan-bahan pengotor lain yang tidak mengandung unsur besi. Setelah itu pasir besi dicuci menggunakan aquades, lalu setelah itu dikeringkan dan dilakukan lagi tarik magnet sebanyak 20 kali.

Agar didapatkan fase magnetit maka dilakukan proses *milling* dengan menggunakan alat *High Energy Milling* (HEM), lalu dilakukan *milling* dengan waktu selama 3×10 jam. Hal ini karena pada waktu tersebut adalah waktu yang paling cocok untuk mendapatkan fasa magnetit homogen dari precursor Fe_3O_4 . Hal ini juga dikarenakan keterbatasan alat HEM-3D yang tidak bisa hidup terus-terusan tanpa dimatikan^[9]. Setelah pasir besi di *milling* kemudian pasir besi dimurnikan dengan cara dicuci dengan aquabidest lalu dikeringkan, hal ini dilakukan untuk menghilangkan unsur pengotor

Selanjutnya pembuatan filler yaitu prekursor $MnFe_2O_4$. Diawali dengan pembuatan prekursor pasir besi yang dilakukan dengan metoda sol-gel. Pembuatan prekursor $(Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O)$ dilakukan pada suhu $110^\circ C$ dengan mereaksikan 3,48 gr Fe_3O_4 dan 0,9 gr asam oksalat dengan asam nitrat sebanyak 8,4mL. Setelah itu sampel dipanaskan dengan suhu $110^\circ C$ sambil diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 250 rpm dalam waktu 15 menit. Selanjutnya larutan ditambahkan dengan ethylene glycol sebanyak 28,5 gr. Larutan tersebut kemudian dipanaskan dengan suhu $80^\circ C$ dalam waktu 2 jam dengan adukan menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 250 rpm. Hal ini dilakukan dengan cara fraksi mol atau perbandingan mol dari teori terdahulu^[10].

Selanjutnya larutan besi nitrat dan mangan nitrat dicampurkan dengan perbandingan mol $Mn^{2+}:Fe^{3+} = 1:2$. Lalu asam sitrat ditambahkan pada larutan tersebut dengan perbandingan mol M: asam sitrat = 1 : 1,5. Selanjutnya campuran dipanaskan pada suhu $70^\circ C$ selama 1 jam sambil distirer dengan kecepatan 375 rpm secara terus menerus hingga mendapatkan gel. Gel lalu dioven dengan suhu $120^\circ C$ selama 24 jam agar mendapatkan prekursor $MnFe_2O_4$ ^[11]. Selanjutnya pembuatan matriks yaitu larutan PANi. Proses dimulai dari melarutkan 0,46565gr PANi dengan 0,57045gr ammonium persulfate kedalam 50 mL asam nitrat dan di stirer selama 2 jam pada suhu $200^\circ C$ ^[12].

Setelah itu dilakukan pembuatan nanokomposit $MnFe_2O_4/PANi$ dengan mengambil variasi 30%, 40%, 50%, 60%, 70% dari $MnFe_2O_4$ ^[13]. Proses dimulai dengan menimbang masing-masing $MnFe_2O_4$ dan larutan PANi sesuai dengan komposisi. Lalu PANi sesuai konsentrasi di stirer bersama dengan amonium persulfate sebanyak 0,05066 gr selama 15 menit pada suhu $20^\circ C$. Setelah itu dicampurkan $MnFe_2O_4$ yang sudah ditimbang tadi, stirer selama 48 menit pada suhu $80^\circ C$ ^[12]. Hal ini berlaku untuk setiap komposisi.

Setelah itu lapisan tipis ditumbuhkan di atas substrat kaca yang sebelumnya telah dibersihkan dengan ethanol. Penumbuhan lapisan tipis dilakukan menggunakan alat *spin coating*. Gel $MnFe_2O_4/PANi$ diteteskan diatas sebuah substrat kaca dan diputar dengan *spin coating*. Kecepatan *spin coating* yang digunakan adalah 1000 rpm selama 60 detik. [10][14]

Lapisan tipis magnetit yang telah terbentuk, dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu $110^\circ C$ dalam waktu 15 menit. Setiap lapisan tipis yang terbentuk di-annealing dengan furnace pada suhu $300^\circ C$ [15]. Proses annealing dilakukan selama 3,5 jam [14].

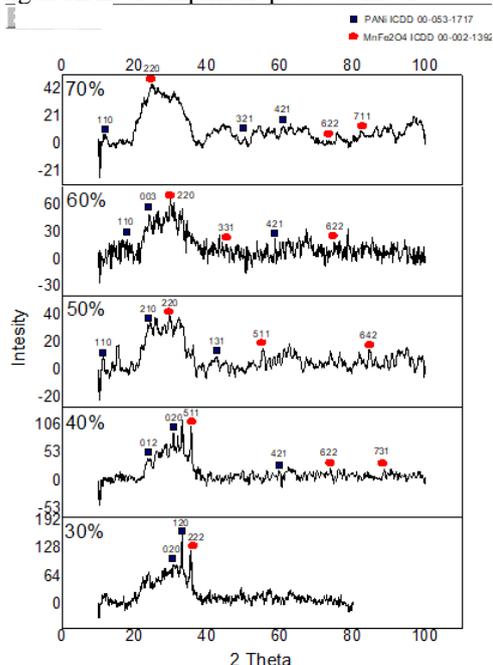
Selanjutnya nanokomposit $MnFe_2O_4/PANi$ dikarakterisasi dengan menggunakan XRD, FTIR, dan VSM. Hasil VSM diuji di Lembaga Pusat Penelitian Fisika, LIPI Serpong, Tangerang Selatan. Dan langkah terakhir yaitu analisis data beserta menarik sebuah kesimpulan.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian nanokomposit $MnFe_2O_4/PANi$ memperoleh hasil dan pembahasan sebagai berikut:

1. Hasil Karakterisasi Nanokomposit $MnFe_2O_4/PANi$ menggunakan alat XRD.

Karakterisasi dengan XRD dilakukan untuk mengetahui kandungan fasa dari nanokomposit. Dari Hasil Karakterisasi XRD ditunjukkan fasa dari nanokomposit $MnFe_2O_4/PANi$. Hasil Karakterisasi dengan XRD ditampilkan pada Gambar 6:



Gambar 6. Pola Difraksi Sinar-X Nanokomposit $MnFe_2O_4/PANi$ dengan 5 variasi komposisi $MnFe_2O_4$

Dari pola difraksi pada Gambar 6 diberikan informasi struktur kristal. Hasil karakterisasi dibandingkan dengan menggunakan database ICDD (00-053-1717) dan (00-002-1392). Pada setiap komposisi dapat dilihat muncul fasa nanokomposit dari $MnFe_2O_4$, dan fasa PANi.

Pada setiap variasi pada Gambar 6 terlihat bahwa ada beberapa puncak tertinggi. Pada variasi 30% diamati terdapat dua buah puncak $MnFe_2O_4$ dan satu puncak PANi yang mana puncak paling tinggi yaitu PANi. Pada proses ini diamati bahwa deposisi yang terbentuk yaitu tiga buah puncak dengan nilai sudut 2 theta $31,0796^\circ$, $33,2636^\circ$, dan $36,9556^\circ$. Dengan *Software HighScore Plus* dapat diidentifikasi indeks miller puncak yang berkaitan dengan fasa yang muncul yaitu (020), (120), dan (222).

Pada variasi 40% diamati terdapat tiga buah puncak $MnFe_2O_4$ dan tiga puncak PANi yang mana puncak paling tinggi yaitu $MnFe_2O_4$. Pada proses ini dapat dilihat bahwa hasil deposisi yang terbentuk yaitu enam puncak dengan sudut 2 theta $23,2731^\circ$, $31,0091^\circ$, $36,9481^\circ$, $58,6071^\circ$, $74,9351^\circ$, dan $89,3392^\circ$. Identifikasi indeks miller puncak yang berkaitan dengan fasa yang muncul yaitu (012), (020), (511), (421), (622) dan (731).

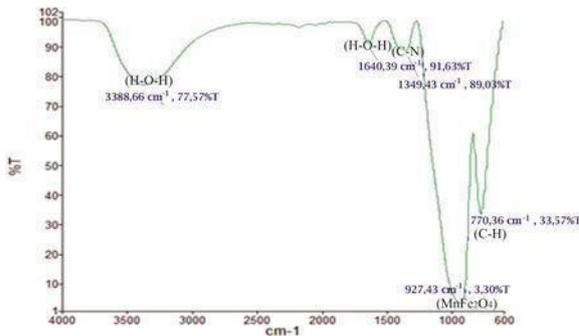
Pada variasi 50% diamati terdapat tiga buah puncak $MnFe_2O_4$ dan tiga puncak PANi yang mana puncak paling tinggi yaitu $MnFe_2O_4$. Pada proses diamati hasil deposisi yang terbentuk yaitu enam puncak dengan sudut 2 theta $19,0871^\circ$, $28,2991^\circ$, $26,6431^\circ$, $48,4411^\circ$, $55,6171^\circ$, dan $85,1101^\circ$. Identifikasi indeks miller puncak yang berkaitan dengan fasa yang muncul yaitu (110), (210), (220), (131), (511), dan (642).

Pada variasi 60% diamati terdapat tiga buah puncak $MnFe_2O_4$ dan tiga puncak PANi yang mana puncak paling tinggi yaitu $MnFe_2O_4$. Pada proses terlihat hasil deposisi yang terbentuk yaitu enam puncak dengan sudut 2 theta $19,2951^\circ$, $26,1931^\circ$, $29,6691^\circ$, $46,4651^\circ$, $58,6331^\circ$, dan $73,7911^\circ$. Identifikasi indeks miller puncak yang berkaitan dengan fasa yang muncul yaitu (110), (003), (220), (331), (421), dan (622).

Pada variasi 70% diamati terdapat tiga buah puncak $MnFe_2O_4$ dan tiga puncak PANi yang mana puncak paling tinggi yaitu $MnFe_2O_4$. Pada proses ini dapat ditunjukkan bahwa hasil deposisi sudut yang terbentuk yaitu enam puncak dengan sudut 2 theta $19,4511^\circ$, $29,5391^\circ$, $48,5451^\circ$, $58,6331^\circ$, $73,7391^\circ$, dan $80,3691^\circ$. Identifikasi indeks miller puncak yang berkaitan dengan fasa yang muncul yaitu (110), (220), (321), (421), (622), dan (711). Dari pengamatan Pola Difraksi Sinar-X untuk setiap variasi komposisi nanokomposit $MnFe_2O_4/PANi$ didapati bahwa pada setiap variasi terdapat $MnFe_2O_4$ dan PANi.

2. Hasil Karakterisasi Nanokomposi $MnFe_2O_4/PANi$ menggunakan FTIR.

Karakterisasi nanokomposit dengan FTIR bertujuan untuk mengetahui ikatan kimia dari nanokomposit. Ikatan kimia bisa dilihat dengan mengamati spektra vibrasi panjang gelombang FTIR. Hasil Karakterisasi dengan FTIR dapat diamati pada Gambar 7:



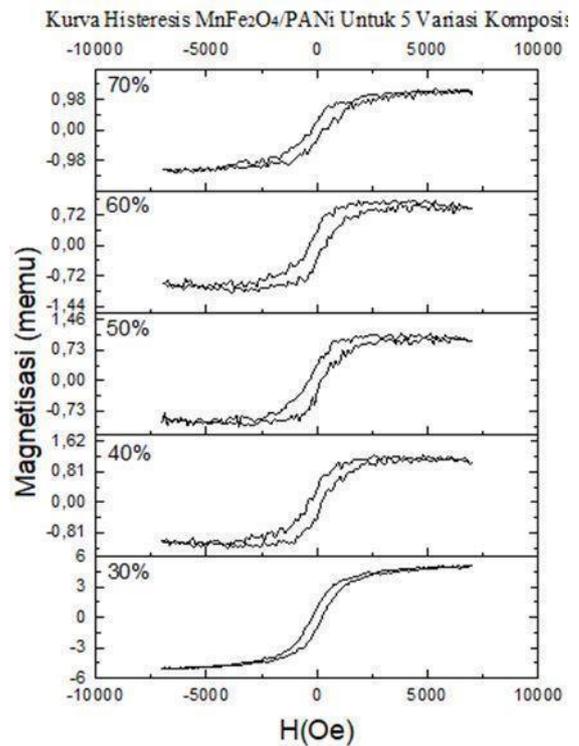
Gambar 7. Hasil Karakterisasi FTIR Nanokomposit $MnFe_2O_4/PANi$ dengan variasi komposisi 30%

Pada Gambar 7 teramati tipikal puncak transmitansi serapan FTIR (rentang $600-4000cm^{-1}$). Puncak serapan pertama teramati dengan panjang gelombang $3388,66cm^{-1}$. Puncak kedua terlihat pada panjang gelombang $1640,39cm^{-1}$. Serapan panjang gelombang terdekat di antara 3400 dan $1600cm^{-1}$ menunjukkan keadaan *bending* dan *stretching* dari gugus H-O-H^[16]. Keadaan vibrasi C-N PANi ditunjukkan pada rentang bilangan gelombang $1180 - 1360cm^{-1}$.^[17] Sedangkan vibrasi bending C-H dari PANi ditunjukkan pada rentang bilangan gelombang $675 - 870cm^{-1}$.^[17] Jadi Pada bilangan gelombang dengan nilai $1349, 43cm^{-1}$ memperlihatkan keberadaan vibrasi dari gugus C-N. Bilangan gelombang $770, 36cm^{-1}$ memperlihatkan keadaan vibrasi bending dari gugus C-H. Puncak serapan dibawah $1000cm^{-1}$ menunjukkan indikasi Ferrit. Untuk bilangan gelombang $927, 43cm^{-1}$ merupakan vibrasi dari Mangan Ferrit. Pergerakan diantara $400 - 700cm^{-1}$ merupakan vibrasi (Fe-O) yang merupakan indikasi pembentukan struktur Spinel Ferrit^[18].

3. Hasil Karakterisasi Nanokomposi $MnFe_2O_4/PANi$ menggunakan VSM.

Karakterisasi nanokomposit $MnFe_2O_4/PANi$ dengan menggunakan alat VSM bertujuan untuk mengetahui sifat magnetic dari nanokomposit. Sifat magnet yang dihasilkan dari nanokomposit $MnFe_2O_4/PANi$ variasi 30%, 40%, 50%, 60% dan 70% memberikan informasi tentang besaran sifat magnetik yang diakibatkan oleh perubahan dari medan magnet luar yang diberikan dan dapat digambarkan melalui kurva histeresis. Besaran yang dihasilkan adalah nilai dari magnetisasi

saturasi (M_s), magnetisasi remanen (M_r) dan koersifitas (H_c). Magnetisasi saturasi yaitu kemampuan medan keadaan saat magnetisasi mencapai titik jenuh dimana nilainya tidak berubah. Magnetisasi remanen (M_r) yaitu magnetisasi yang tertinggal setelah medan magnet luar nol. Koersifitas (H_c) dapat diartikan sebagai besarnya nilai medan magnet luar yang diperlukan untuk menghasilkan magnetisasi menjadi nol. Data hasil karakterisasi VSM diolah dengan menggunakan bantuan *software OriginPro9*. Hasil dari Karakterisasi nanokomposit $MnFe_2O_4/PANi$ dengan VSM ditunjukkan pada Gambar 8:



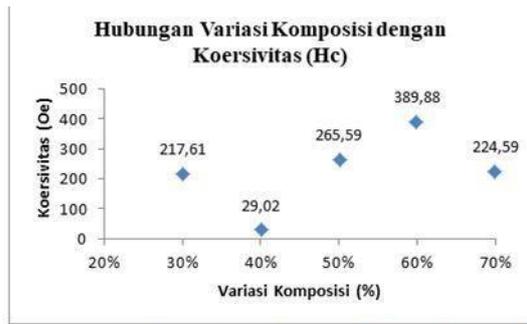
Gambar 8. *Loop Hysteresis* dari $MnFe_2O_4/PANi$ dengan 5 variasi komposisi $MnFe_2O_4$

Dari Gambar 8 diperlihatkan kurva histeresis nanokomposit $MnFe_2O_4/PANi$ untuk 5 variasi komposisi. Sumbu X menunjukkan medan magnet luar (H) dan sumbu Y menunjukkan besar Magnetisasi (M). Dari Gambar 8 bisa diamati nilai medan magnet luar (H) pada setiap variasi pada rentang yaitu $-10.000 \leq H \leq 10.000$ Oe, hal ini menunjukkan bahwa sampel memiliki perilaku ferromagnetik^[8]. Jadi bisa dijelaskan bahwa nanokomposit $MnFe_2O_4/PANi$ memiliki sifat ferromagnetik yang mana sifat ferromagnetik merupakan salah satu material yang dibutuhkan dalam pengaplikasian sensor magnet^[19]. Salah satu sensor yang bisa dimanfaatkan yaitu sensor GMR, dimana pada sensor GMR menggunakan lapisan ferromagnetik^[19]. Data hasil analisis sifat magnetik dari nanokomposit $MnFe_2O_4/PANi$ dapat dikelompokkan dalam Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Data Analisis Sifat Magnetic Nanokomposit MnFe₂O₄/PANi

Komposisi Sampel		Koersivitas (Oe)	Magnetisasi Remanen (memu)	Magnetisasi Saturasi (memu)
MnFe ₂ O ₄	PANi			
30%	70%	217,61	1,02	5,12
40%	60%	29,01	0,17	1,25
50%	50%	265,69	0,27	1,13
60%	40%	389,88	0,35	1,07
70%	30%	224,59	0,29	1,35

Dari Tabel 1 diketahui bahwa nilai Koersivitas (Hc), Magnetisasi Remanen (Mr), dan Magnetisasi Saturasi (Ms) untuk setiap variasi memiliki nilai yang berbeda. Dari Tabel 1 bisa diplot grafik hubungan antara nilai Variasi Komposisi dari nanokomposit MnFe₂O₄/PANi dengan nilai Koersivitas (Hc). Grafik hubungan ditunjukkan pada Gambar 9:



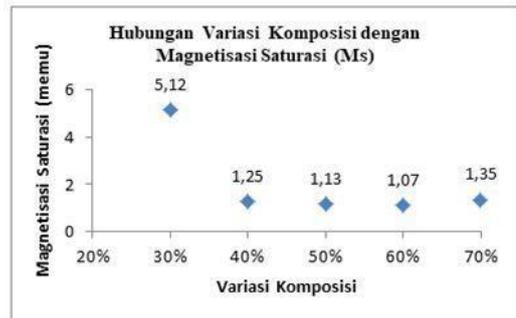
Gambar 9. Hubungan Variasi Komposisi Nanokomposit MnFe₂O₄/PANi dengan nilai Koersivitas (Hc)

Dari Gambar 9 diketahui nilai Koersivitas (Hc) tertinggi didapatkan pada variasi komposisi 60% dengan nilai Hc yaitu 389,88Oe dan terendah pada variasi komposisi 40% dengan nilai Hc yaitu 29,02Oe. Berdasarkan nilai Hc yang terbaca pada loop histeresis diketahui bahwa nanokomposit MnFe₂O₄/PANi dengan variasi komposisi 30%, 50%, 60%, dan 70% merupakan magnet keras, hal ini dikarenakan bahwa bahan magnet keras (magnet permanen) ditandai dengan kurva histeresis besar^[20] dan nilai koersivitas (Hc) yang tinggi, dengan nilai diatas 200 Oe. Luasan dari kurva histeresis yang lebar akan menunjukkan energi diperlukan untuk bahan mencapai magnetisasi, dan pada magnet keras karena memiliki luasan kurva yang besar jadi memerlukan energi yang besar^[21].

Untuk variasi 40% bukan merupakan magnet keras karena memiliki nilai koersivitasnya < 200 Oe dengan nilai 29,01 Oe. Nilai koersivitas juga menentukan seberapa besar kemampuan suatu bahan untuk menghilangkan magnetisasinya. Nilai koersivitas dari suatu bahan yang rendah

menunjukkan bahwa bahan tersebut dapat dengan mudah dihilangkan nilai magnetisasinya. Bahan – bahan yang nilai magnetisasinya mudah dihilangkan atau memiliki nilai magnetisasi rendah tersebut digolongkan kepada bahan *softmagnetic*^[22]. Untuk bahan dengan variasi komposisi 40% dapat digolongkan menjadi bahan *softmagnetic*.

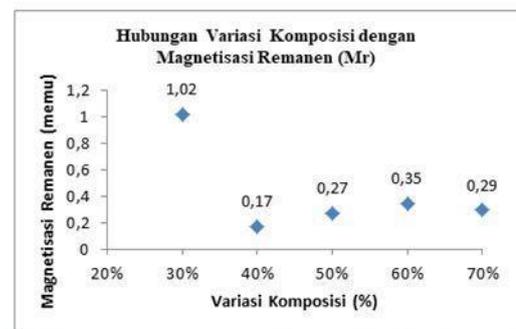
Dari Tabel 1 juga bisa diplot grafik hubungan antara Variasi Komposisi dari nanokomposit MnFe₂O₄/PANi dengan nilai Magnetisasi Saturasi (Mr). Grafik hubungan ditunjukkan pada Gambar 10:



Gambar 10. Hubungan Variasi Komposisi Nanokomposit MnFe₂O₄/PANi dengan nilai Magnetisasi Saturasi (Ms)

Pada Gambar 10 diketahui bahwa nilai magnetisasi saturasi tertinggi terdapat dalam Variasi Komposisi 30% dengan nilai Mr yaitu 5,12memu. Dan yang terendah terdapat pada Variasi Komposisi 60% dengan nilai Mr yaitu 1,07memu. Pada keadaan saturasi dijelaskan bahwa magnetisasi bahan tidak akan mengalami perubahan sekalipun medan magnet luar diperbesar^[23].

Dari Tabel 1 juga bisa diplot grafik hubungan antara Variasi Komposisi Nanokomposit MnFe₂O₄/PANi dengan nilai Magnetisasi Remanen (Mr). Grafik hubungan ditunjukkan pada gambar 11:



Gambar 11. Hubungan Variasi Komposisi Nanokomposit MnFe₂O₄/PANi dengan nilai Magnetisasi Remanen (Mr)

Gambar 11 memperlihatkan bahwa nilai magnetisasi remanen paling tinggi terdapat pada Variasi Komposisi 30% dengan nilai Mr yaitu 1,02memu. Dan yang terendah terdapat pada Variasi Komposisi 40% dengan nilai Mr yaitu 0,17memu. Keadaan Remanensi yaitu nilai magnetisasi yang tersisa saat medan aplikasi magnetik diadukan atau saat keadaan ($H=0$)^[23].

KESIMPULAN

Telah berhasil dibuat nanokomposit $MnFe_2O_4/PANi$ dengan metode sol-gel dengan variasi komposisi $MnFe_2O_4$ yaitu 30%, 40%, 50%, 60% dan 70%. Diketahui bahwa setiap komposisi menunjukkan perilaku ferromagnetik dengan nilai dari medan magnet luar $-10.000 \leq H \leq 10.000$ Oe. Nilai koersivitas (H_c) tertinggi terdapat pada variasi 60% dengan nilai 389,88Oe dengan nilai magnetisasi remanen (M_r) yaitu 0,35memu dan magnetisasi saturasi (M_s) yaitu 1,07 memu. Dari nilai koersivitas (H_c) diketahui bahwa nanokomposit $MnFe_2O_4/PANi$ dengan variasi komposisi 30%, 60%, 60%, dan 70% merupakan magnet keras. Nilai koersivitas juga menentukan seberapa besar kemampuan suatu bahan untuk menghilangkan magnetisasinya. Dari perbedaan masing – masing nilai koersivitas (H_c), magnetisasi remanen (M_r), dan magnetisasi saturasi (M_s) bisa dijelaskan bahwa variasi komposisi dari $MnFe_2O_4$ mempengaruhi sifat magnetik nanokomposit $MnFe_2O_4/PANi$.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sriyanti, Ida. 2009. *Nanocomposite prepared by simple mixing method*. Proceeding Of The Third International Seminar On Science Education. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- [2] Rajab, La Agus, dan La Ode Ngkoimani. 2017. *Sintesis Nanopartikel Manganese Ferrite ($MnFe_2O_4$) Berbasis Pasir Besi dan Mangan Alam dengan Metode Reaksi Padatan*.
- [3] Yunasfi, Indri Racmawati, Mashadi, Wisnu Ari Adi dan Nurmay Arofah. 2018. *Analisis Fasa Sistem $Mn(1-X)NdxFe_2O_4$ Sebagai Kandidat Bahan Penyerap Gelombang Mikro*. Jurnal Metalurgi, Vol. 33, No.2, E-ISSN 2443-3926; 55 – 60.
- [4] Ghobadi, Misagh, dkk. 2018. *$MnFe_2O_4$ -graphene oxide magnetic nanoparticles as a high-performance adsorbent for rare earth elements: Synthesis, isotherms, kinetics, thermodynamics and desorption*. Journal of Hazardous Material Vol 351. State University of New York
- [5] 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.
- [6] Nasution, dkk. 2012. *Sintesis Nanokomposit $PANI/Fe_3O_4$ Sebagai Penyerap Magnetik Pada Gelombang Mikro*. Jurnal Fisika Unand Vol. 1 No.1. Padang: Universitas Andalas.
- [7] Zeng, Shuang. Dkk. 2016. *Magnetically recyclable $MnFe_2O_4$ /polyaniline composite with enhanced visible light photocatalytic activity for rhodamine B degradation*. China: Department of Chemistry, Jinan University.
- [8] Arsalani, Nasser, dkk. 2018. *Novel $PANI/MnFe_2O_4$ nanocomposite for low-cost supercapacitors with high rate capability*. Journal of Materials Science: Materials in Electronics. Faculty of Chemistry, University of Tabriz: Iran.
- [9] Darvina, Y., Rianto, D., Murti, F., Yulfriska, N., Ramli. 2017. *Struktur Nano Partikel Oksida Besi dari Pasir Besi Pantai Tiram Sumatera Barat*. Seminar Prosiding. Padang: Universitas Negeri Padang
- [10] Rianto, Debi, N Yulfriska, F Murti, H Hidayati, R Ramli. 2018. *Analysis of Crystal Struktur of Fe_3O_4 Thin Films Based on Iron Sand Growth by Spin Coating*. Methoe Journal of IOP Confrence Series Material Science and Engineering 335 012012
- [11] Rahmayeni, Yeni Stiadi, Zulhadjri. 2013. *Fotokatalis Komposit Magnetik $TiO_2-MnFe_2O_4$* . Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung. 339-344.
- [12] Khairy M, M.E Gounda.2014. *Electrical And Optical Properties Of Nickel Ferrite/Polyaniline Nanocomposite*. Journal Of Advance Reaserch (2014) 6(4):555-62
- [13] Helmita. 2018. *Pengaruh Variasi Komposisi $NiFe_2O_4$ Terhadap Sifat Magnetik NANOKOMPOSIT $NiFe_2O_4/PANi$ Yang Disintesis Dengan Metode Sol-Gel Spin Coating*. Skripsi. Padang: Universitas Negeri Padang
- [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] Tang, N.J, dkk. 2004. *Nanostructured Magnetite (Fe_3O_4) Thin Films Prepared by Sol-gel Method*. Nanjing University : China
- [16] Joshi, Seema, dkk. 2014. *Structural, magnetic, dielectric and optical properties of nickel ferrite nanoparticles synthesized by co-precipitation method*. Journal of Molecular Structure 1076. Jaypee Institute of Information Technology, India.
- [17] Susmita, Ria, dkk. 2013. *Analisis Sifat Listrik Komposit Polianilin ($PANi$) Terhadap Penambahan Bottom Ash Sebagai Elektroda*

- Superkapasitor*. Jurnal Fisika Unand Vol. 2, No. 2. Padang: Universitas Andalas.
- [18] Jacintha, A. M. 2017. *Synthesis and comparative studies of MnFe₂O₄ nanoparticles with different natural polymers by sol-gel method: structural, morphological, optical, magnetic, catalytic and biological activity*. Journal of Nanostructure in Chemistry. Varuvan Vadivelan Institute of Technology India.
- [19] Jamal, M dan Ramli. 2011. *Development of Sensors Based on Giant Magnetoresistance Material*. Procedia Engineering 32: 60 – 68. Bandung : Institute teknologi Bandung
- [20] Khairunnisa Hafsah .2017. *Pengaruh Penambahan Fe Pada Pembuatan Bonded Magnet NdFeB Terhadap Sifat Fisis Dan Sifat Magnet*. Skripsi. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- [21] Simamora Pintor, Krisna.2014. *Sintesis Dan Karakterisasi Sifat Magnetik Nanokomposit Fe₃O₄-Montmorilonit Berdasarkan Variasi Suhu*. Skripsi. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- [22] Bertotti, G. 1998. *Hysteresis In Magnetism, 1st Edition*. Academic Press: USA.
- [23] Jayanti, N.D, dkk. 2013. *Fabrikasi Magnet Komposit Berbahan Dasar Magnet Daur Ulang Dengan Pengikat Cult*. Unnes Physics Journal. Semarang: Universitas Negeri Semarang.