

ANALISIS SIFAT LISTRIK NANOKOMPOSIT  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$  YANG DISINTESIS DENGAN METODE SOL GEL

Sri Rahma Yani <sup>\*)</sup>, Djusmaini Djamas dan Ramli

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

<sup>\*)</sup> [yanisirahma@gmail.com](mailto:yanisirahma@gmail.com)

ABSTRACT

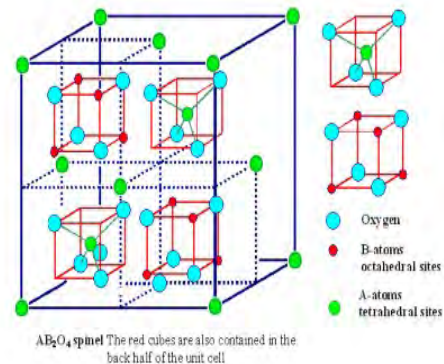
$\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$  nanocomposite was synthesized using the sol gel method with satisfying 2.5%, 5%, 30%, 50%, and 70%  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  to PANi. Characterization of particle size, sample thickness, conductivity, and capacitance using X-ray diffraction (XRD), Scanning Microscope Electrons (SEM), and LCR Meter. Information sizes in 2.5%, 5%, 30%, 50%, and 70% are 37.16 nm, 54.16 nm, 31.2 nm, 42.23 nm, and 39.16 nm respectively. The electrical properties of  $\text{NiFe}_2\text{O}_4 / \text{PANi}$  Nanocomposites are used by using LCR meters, namely resistance and capacitance. The values of electrical conductivity generated from various meetings were 2.5%, 5%, 30%, 50%, and 70%, respectively 0.13 S / m, 0.08 S / m, 0.16 S / m, 0.57 S / m, and 0.25 S / m. From the measurement results show that the values of electrical conductivity in  $\text{NiFe}_2\text{O}_4 / \text{PANi}$  2.5% high compared to  $\text{NiFe}_2\text{O}_4 / \text{PANi}$  5% and again increase along with the increasing composition of  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ . However, in the condition of  $\text{NiFe}_2\text{O}_4 / \text{PANi}$  nanocomposite 70% electrical conductivity decreased. For large amounts of  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  to PANi, the electrical conductivity increases.  $\text{NiFe}_2\text{O}_4 / \text{PANi}$  capacitance through a difference of 2.5%, 5%, 30%, 50%, and 70% resulted from successive measurements of 193.32 nF, 83.77 nF, 0.001 nF, 0.55 nF, 0, 44 nF. The capacitance of  $\text{NiFe}_2\text{O}_4 / \text{PANi}$  shows that the greater the amount of  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  to PANi the capacitance decreases.

**Keywords :** *Capacitance, Conductivity, Nanocomposite,  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ , Sol Gel method*

PENDAHULUAN

Nanokomposit merupakan material komposit yang dibuat dengan menyisipkan nanopartikel kedalam suatu material berukuran nano sebagai *filler* dalam sebuah matriks berukuran skala nano<sup>[1]</sup>. Nanokomposit dibuat dengan penggabungan antara *filler* dan matriks.  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  merupakan *filler* yang digunakan dalam penelitian ini dan matriksnya yaitu PANi.  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  dibuat dari precursor nickel nitrat dan ferrite nitrat. Salah satu bahan untuk membuat precursornya berasal dari alam yaitu bijih besi dan aplikasi yang menarik untuk dikembangkan dari mineral bijih besi yaitu Superkapasitor.

$\text{NiFe}_2\text{O}_4$  merupakan *spinel* nanopartikel *ferrite* dengan bahan *soft magnetic* dengan rumus struktur  $\text{MFe}_2\text{O}_4$  (M = ion logam valensi dua, misalnya Mn, Mg, Zn, Ni, Co, dan Cu)<sup>[2]</sup>. Nanopartikel *spinel ferrite* akhir-akhir ini banyak dikembangkan karena sifat listrik dan kemagnetannya sangat bagus serta aplikasinya sangat luas dalam sistem penyimpanan<sup>[3]</sup>.



Gambar 1. Struktur Kristal Spinel Ferrite

$\text{NiFe}_2\text{O}_4$  merupakan salah satu bagian kelompok *spinel ferrit* yang paling penting dikarenakan  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  mempunyai nilai resistivitas yang lebih tinggi dibandingkan anggota lain pada kelompoknya sehingga sesuai untuk diterapkan sebagai bahan penunjang teknologi terutama untuk teknologi berbasis frekuensi tinggi<sup>[4]</sup>. Nikel *ferrite* memiliki struktur *spinel* terbalik (*inverse*) karena setengah dari ion Fe menempati posisi pada oktahedral (posisi

B) hal ini dapat dituliskan dengan rumus  $(\text{Fe}^{3+}_{1,0})[\text{Ni}^{2+}_{1,0}\text{Fe}^{3+}_{1,0}]\text{O}^{2-}_4$ <sup>[5]</sup>.

Polianilin (PANi) merupakan salah satu contoh dari polimer konduktif yang penggunaannya cukup luas sebagai perangkat optoelektronik organik. Akan tetapi, PANi sulit untuk diproses lebih lanjut karena tidak dapat larut dalam pelarut umum seperti air dan metanol<sup>[6]</sup>. Polianilin (PANi) menarik perhatian banyak peneliti karena rentang konduktivitasnya yang luas, mulai dari semikonduktor sampai konduktor metalik<sup>[7]</sup>. Proses sintesis PANi mudah dan murah serta memiliki kestabilan termal yang tinggi<sup>[8]</sup>. PANi digunakan sebagai matriks dalam pembuatan nanokomposit.

Nanokomposit merupakan material yang dibuat dengan menyisipkan nanopartikel (seperti *clay* dan logam) bertindak sebagai *filler* dalam sebuah matriks. Nanokomposit dihasilkan dari pencampuran dalam sejumlah fase yang berbeda. Nanokomposit memperlihatkan sifat-sifat baru yang lebih unggul dibandingkan dengan material asal. Setelah menambahkan nanopartikel ke dalam material matriks, nanokomposit yang dihasilkan dapat menunjukkan sifat-sifat yang sangat berbeda dibandingkan dengan sifat material sebelumnya. Komposit merupakan perpaduan dari material yang dipilih berdasarkan kombinasi sifat fisik masing-masing material penyusun agar menghasilkan material baru dengan sifat yang unik dibandingkan sifat material dasar sebelum dicampur dan terjadi ikatan permukaan antara masing-masing material penyusun<sup>[9]</sup>.

Nanokomposit juga merupakan material padat multi fasa, dimana setiap fasa memiliki satu, dua, atau tiga dimensi yang kurang dari 100 nm atau struktur padat dengan dimensi berskala nanometer yang berulang pada jarak antar bentuk penyusunan struktur yang berbeda. Nanokomposit dibuat dengan menyisipkan nanopartikel ke dalam sebuah material makroskopik (matriks). Pencampuran nanopartikel ke dalam matriks penyusunan adalah salah satu bagian perkembangan dunia teknologi.

Metode sol gel merupakan salah satu metode yang digunakan dalam pembuatan nanokomposit  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ . Metode sol-gel merupakan suatu metode untuk pembuatan partikel dalam orde nano, metode sol-gel memakai teknik basah karena prosesnya melibatkan larutan sebagai medianya<sup>[10]</sup>. Metode sol gel memiliki kelebihan dibandingkan dengan metode lainnya seperti kehomogenan yang lebih baik, kemurnian yang relatif tinggi, suhu yang digunakan relatif rendah, kehilangan bahan akibat penguapan dapat diperkecil, tidak terjadi reaksi dengan senyawa sisa, dapat mengurangi pencemaran udara, dan dapat menghasilkan produk berupa film tipis<sup>[11]</sup>.

Pengujian sifat listrik dilakukan untuk mengetahui respon PANi terhadap nanopartikel  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ . Sifat listrik bahan diantaranya resistivitas

dan konduktivitas. Resistivitas merupakan kemampuan suatu bahan untuk menahan arus listrik yang bergantung pada besarnya medan listrik dan kerapatan arus. Semakin besar resistivitas suatu bahan maka semakin besar pula medan listrik yang dibutuhkan untuk menimbulkan sebuah kerapatan arus<sup>[12]</sup>. Satuan dari resistivitas adalah  $\Omega\text{m}$ . Resistivitas ( $\rho$ ) dapat dihitung dari pengukuran rapat pembawa muatan dan mobilitas. Mobilitas dan rapat pembawa muatan secara umum tidak diketahui. Untuk itu harus dicari teknik pengukuran yang cocok untuk mengukur resistivitas<sup>[13]</sup>.

Suatu bahan konduktor yang baik akan memiliki nilai resistivitas yang sangat rendah dan konduktivitas tinggi, sedangkan untuk bahan isolator mempunyai resistivitas tinggi dan konduktivitas rendah. Sifat listrik dari bahan semikonduktor secara konvensional diberikan dalam batas-batas mobilitas dan konsentrasi pembawa muatan mayoritas pada medan listrik rendah. Kontrol sifat listrik merupakan hal yang sangat penting dalam aplikasi devais elektronik. Faktor penting yang terkait dengan kontrol sifat listrik adalah keberadaan cacat, tingkat doping, dan mekanisme kompensasi diri<sup>[14]</sup>. Sifat listrik dari suatu bahan dapat diketahui dengan melihat nilai konduktivitas ( $\sigma$ ) dan resistivitas ( $\rho$ ). Resistivitas dan konduktivitas merupakan suatu besaran yang menggambarkan baik buruknya suatu bahan menghantarkan listrik. Dimana, nilai resistivitas berbanding terbalik dengan

Resistivitas diketahui sebanding dengan panjang kawat dan berbanding terbalik dengan luas penampang, yang dapat dirumuskan pada Persamaan berikut:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (1)$$

Keterangan :

$\rho$  = hambatan jenis/resistivitas ( $\Omega\text{m}$ )

L = panjang kawat (m)

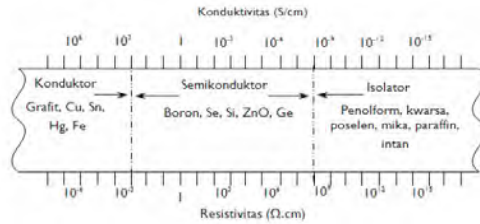
A = luas penampang ( $\text{m}^2$ )<sup>[15]</sup>.

$$\rho = \frac{RA}{L} \quad (2)$$

$$R = \frac{V}{I} \quad (3)$$

Konduktivitas merupakan kemampuan suatu bahan untuk menghantarkan arus listrik, konduktivitas kebalikan dari resistivitas. Satuan dari konduktivitas adalah  $(\Omega\text{m})^{-1}$ . Nilai konduktivitas juga dapat dipengaruhi oleh suhu. Semakin tinggi suhu semakin tinggi pula nilai konduktivitas bahan tersebut. Material alami maupun buatan yang terdapat di alam dapat diklasifikasikan menjadi tiga yaitu konduktor, isolator dan semikonduktor. Nilai dari konduktivitas listrik ketiga material tersebut

berbeda seperti pada Gambar 9 yang menunjukkan spektrum konduktivitas listrik.



Gambar 9. Spektrum konduktivitas listrik dan resistivitas

Material semikonduktor sendiri mempunyai nilai konduktivitas pada selang antara  $(10^{-8} - 10^3)$ S/cm. Adapun nilai konduktivitas suatu material bergantung dari sifat material tersebut. Kebalikan dari resistivitas disebut dengan konduktivitas yang dapat dirumuskan pada Persamaan 5 berikut.

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (5)$$

Konduktivitas disimbolkan dengan  $\sigma$  dan resistivitas disimbolkan dengan  $\rho$ . Sehingga dari persamaan diatas dapat kita rumuskan konduktivitas listrik masing-masing sampel dapat dihitung menggunakan persamaan (5).

$$\sigma = \frac{L}{RA} \quad (6)$$

Dengan

- $\sigma$  : konduktivitas listrik ( $\Omega\text{m}^{-1}$ )
- R : resistansi ( $\Omega$ )
- L : ketebalan sampel (m)
- A : luas penampang sampel ( $\text{m}^2$ )<sup>[16]</sup>.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Bijih Besi, Asam Nitrat,  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , Etilen Glikol, Asam Sitrat, Asam Oksalat, PEG-4000. Alat untuk karakterisasi sifat listriknya yaitu LCR meter. Penelitian ini mengkaji Sifat Listrik nanokomposit  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$  menggunakan alat LCR meter dengan besaran yang diukur yaitu resistansi dan kapasitansi. Dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahap yaitu: persiapan penelitian, sampel, pelaksanaan penelitian, karakterisasi, dan analisis data.

Adapun tahapan dalam penelitian ini adalah:

### 1. Persiapan Penelitian

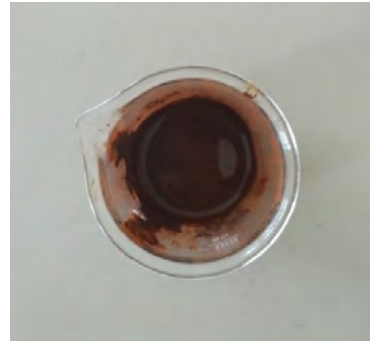
Persiapan penelitian meliputi alat dan bahan penelitian yaitu, *magnetic stirrer*, neraca ohaus, *furnace*, oven, *spin coating*, magnet permanen, spatula, gelas ukur, beker, ayakan 100 mesh. Alat untuk karakterisasinya yaitu XRD, HEM-3D, FTIR, SEM dan LCR meter. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi bijih Besi yang berasal dari Sangir, solok selatan, Asam Nitrat

( $\text{HNO}_3$ ),  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , Etilen Glikol, Asam Sitrat, Asam Oksalat, PEG-4000, *Polyaniline* (PANi)

### 2. Pelaksanaan Penelitian

a. Pembuatan serbuk  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  dengan metode Sol Gel

Dalam penelitian ini,  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  di preparasi menggunakan metode so-gel dengan prekursor  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ . Pembuatan prekursor  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  dilakukan dengan mereaksikan 4,35 gr  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dari hasil penghalusan bijih besi menggunakan HEM-3D dengan waktu milling 30 jam, 1,125 gr asam oksalat ( $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ ) dan asam nitrat sebanyak 10,5 mL di stirrer pada suhu  $110^\circ\text{C}$  selama 15 menit. Kemudian etilen glikol dimasukkan sebanyak 13,75ml, sehingga larutan berbentuk gel pekat. Setelah larutan dicampur dengan *ethylene glycol*, larutan dipanaskan lalu diaaduk dengan menggunakan magnetic stirrer pada suhu  $80^\circ\text{C}$  selama 2 jam dengan kecepatan putar 250 rpm.



Gambar 3. Gel precursor  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$

Gambar 3 merupakan gel precursor  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  digunakan sebagai prekursor dalam pembuatan  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  ditambah dengan prekursor  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  yang akan berbentuk serbuk. Proses pembuatan serbuk  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  dilakukan dengan mencampurkan prekursor *nickel nitrat* dan *ferit nitrat* ditambah dengan asam sitrat dan PEG dengan perbandingan molar 1:2:4,44:8,88<sup>[17]</sup>. Kemudian campuran dipanaskan pada suhu  $90^\circ\text{C}$  dan diaduk selama 2 jam sampai larutan melekat dan berbentuk gel. Langkah selanjutnya, sampel dicuci menggunakan aquabides dan dikeringkan di dalam oven selama 24 jam pada suhu  $110^\circ\text{C}$  dan dikalsinasi pada suhu  $400^\circ\text{C}$  selama 2 jam sehingga terbentuklah serbuk  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  yang akan dijadikan sebagai *filler* dalam pembuatan nanokomposit  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ .



Gambar 4. Serbuk  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  setelah di kalsinasi pada suhu  $400^\circ\text{C}$  selama 2 jam

b. Pembuatan Nanokomposit  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$

Proses pembuatan nanokomposit  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$  dilakukan dengan menggunakan metode sol-gel. Bnanokomposit  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$  dibuat dengan melarutkan 100 mL  $\text{HNO}_3$  dalam 0.2 M aniline dan di aduk selama 1 jam. Kemudian dimasukkan ammonium persulfate sedikit demi sedikit sebanyak 0.25 M. Serbuk  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  dimasukkan dengan berbagai variasi 2,5%, 5%, 30%, 50%, dan 70%. Kemudian campuran antara  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  dan PANi diaduk pada suhu  $80^\circ\text{C}$  selama 48 menit, berikutnya sampel Nanokomposit  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$  dikeringkan di dalam pemanas (oven) selama 24 jam pada suhu  $110^\circ\text{C}$  selama 24 jam. Setelah dikeringkan sampel  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$  dicampur dengan 5 ml ethylene glykol dan diaduk menggunakan magnetic stirrer pada suhu  $80^\circ\text{C}$  selama 2 jam. Setelah selesai maka terbentuklah gel nanokomposit  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$  dengan variasi 2,5%, 5%, 30%, 50%, dan 70%.

c. Tahap penumbuhan lapisan tipis Nanokomposit  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$  dengan variasi komposisi.

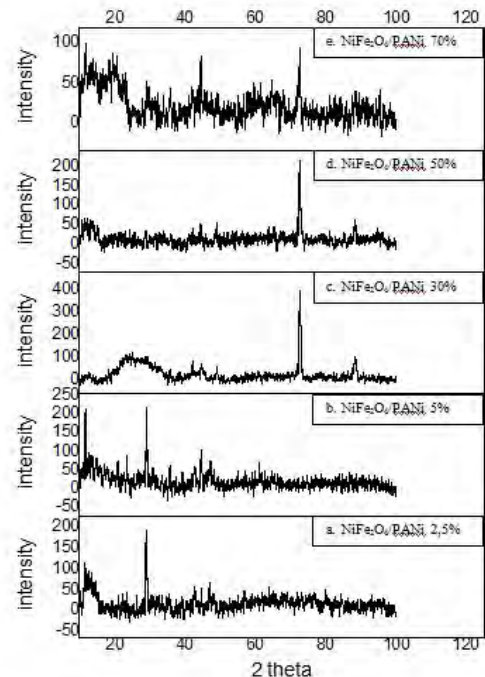
Lapisan nanokomposit  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$  ditumbuhkan dengan menggunakan alat *spin coating* diatas substrat kaca yang telah dibersihkan dengan *ethylene glycol* menggunakan alat sonikasi. Gel nanokomposit  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$  dengan variasi 2,5%, 5%, 30%, 50%, dan 70% ditetesi di atas substrat kaca dengan ukuran 1x1 cm kemudian dicoating dengan kecepatan laju spin coating 1000 rpm selama 60 detik. Kemudian setiap lapisan tipis dari nanokomposit  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$  dengan berbagai variasi di panaskan di dalam oven pada suhu  $60^\circ\text{C}$  selama 6 jam<sup>[18]</sup>.

### 3. Tahap Karakterisasi

Sampel nanokomposit  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$  dengan variasi 2,5%, 5%, 30%, 50%, dan 70% dikarakterisasi menggunakan XRD untuk mengetahui karakteristik dari nanokomposit  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  terhadap PANi ditinjau dari ukuran butir Kristal. Untuk mengetahui ketebalan dari sampel dilakukan karakterisasi menggunakan SEM. Karakterisasi FTIR digunakan untuk mengetahui struktur ikatan atom pada material. Untuk pengujian sifat listrik bahan menggunakan LCR meter dengan besaran yang diukur yaitu resistansi dan kapasitansi. Dari pengukuran resistansi tersebut dapat diketahui konduktivitasnya berdasarkan perhitungan menggunakan Persamaan (6).

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

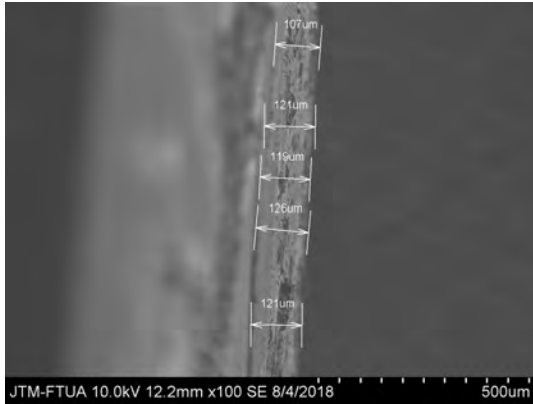
1. Data hasil karakterisasi XRD Nanokomposit  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$



Gambar 5. a.  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$  2,5%, b.  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$  5%, c.  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$  30%, d.  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$  50%, dan e.  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$  70%

Dari Gambar 31 diketahui bahwa struktur Kristal dapat mempengaruhi kapasitansi dan konduktivitas listrik. Semakin besar ukuran Kristal maka konduktivitas listrik semakin tinggi.

Untuk mengetahui ketebalan dari sampel maka dapat diketahui dengan menggunakan SEM.



Gambar 6. Hasil pencitraan ketebalan sampel menggunakan SEM pada fraksi 2,5%

Gambar 22 merupakan hasil pencitraan sampel dengan perbesaran 100X menggunakan SEM dengan spesifikasi HITACHI S3400 M yang terdapat di laboratorium Universitas Andalas dengan ketebalan rata rata yang didapat yaitu 118,8 μm.



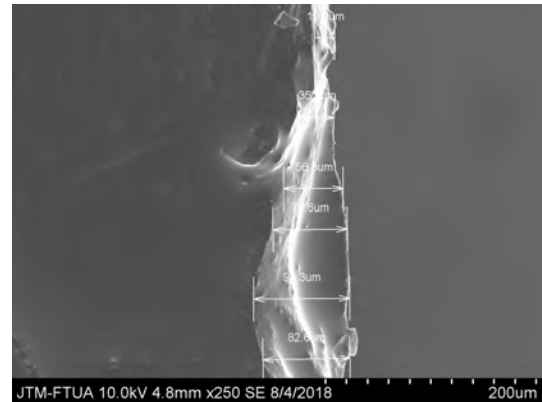
Gambar 7. Hasil pencitraan ketebalan sampel menggunakan SEM pada fraksi 5%

Gambar 22 merupakan bentuk morfologi SEM dengan spesifikasi HITACHI S3400 M yang terdapat di laboratorium Universitas Andalas dengan ketebalan rata-rata yang didapat yaitu 79,38 μm.



Gambar 8. Hasil pencitraan ketebalan sampel menggunakan SEM pada fraksi 30%

Gambar 26 merupakan hasil pencitraan sampel dengan perbesaran 250X dengan ketebalan rata-rata yang didapat yaitu 27,76 μm.



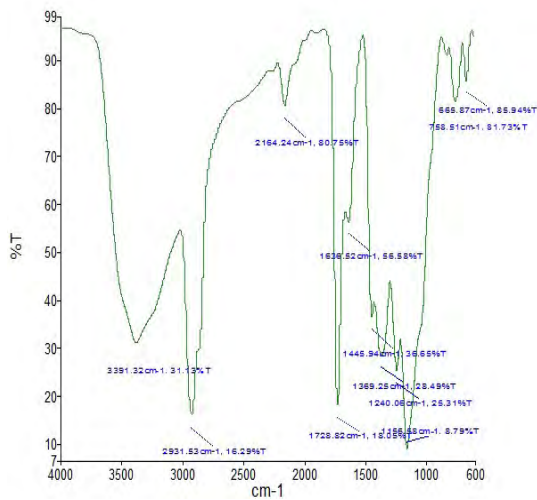
Gambar 9. Hasil pencitraan ketebalan sampel menggunakan SEM pada fraksi 50%

Gambar 28 diatas merupakan hasil pencitraan sampel dengan perbesaran 250X menggunakan SEM dengan spesifikasi HITACHI S3400 M yang terdapat di laboratorium Universitas Andalas dengan ketebalan yang didapat yaitu 59,133 μm.



Gambar 10. Hasil pencitraan ketebalan sampel menggunakan SEM pada fraksi 70%

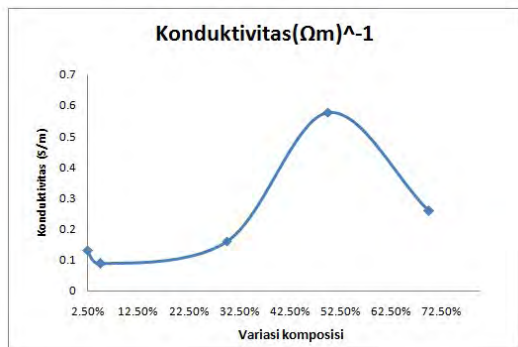




Gambar 11. Grafik hasil karakterisasi menggunakan FTIR

Puncak nanocomposites PANi/NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> bergeser ke bilangan gelombang yang lebih rendah. ini menunjukkan bahwa nanocomposites PANi/NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> adalah komposit dari nanopartikel NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, yang menyimpulkan ada beberapa interaksi antara nanopartikel NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dan PANi.

Hubungan antara fraksi mol dengan konduktivitas NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/PANi dapat dilihat pada gambar 33. Berikut ini grafik hubungan antara fraksi mol dengan konduktivitas NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/PANi dapat dilihat pada gambar 33.

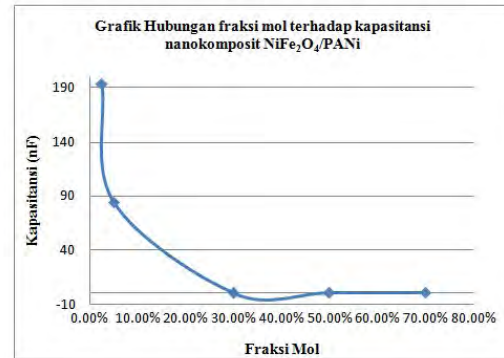


Gambar 12. Grafik hubungan antara fraksi mol terhadap konduktivitas listrik Nanokomposit NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/PANi

Berdasarkan grafik di atas dapat diketahui bahwa seiring dengan bertambahnya fraksi mol mengakibatkan terjadinya peningkatan pada nilai konduktivitas sampel tersebut. Berdasarkan penelitian ini, nilai konduktivitas yang dihasilkan meningkat pada fraksi 2,5%, namun turun lagi pada fraksi 5% dan kembali naik sampai fraksi 50%. Nilai konduktivitas yang dihasilkan dipengaruhi oleh besarnya ukuran Kristal yang terdapat di dalam sampel. Semakin besar ukuran Kristal maka konduktivitasnya meningkat. Pada sampel dengan

fraksi 70% terjadi penurunan konduktivitas, hal ini disebabkan karena ukuran Kristal yang terbentuk kecil dibandingkan dengan variasi 50%.

Berikut grafik hubungan antara variasi fraksi mol terhadap kapasitansi nanokomposit NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/PANi dapat dilihat pada Gambar 34.



Gambar 13. Grafik hubungan antara fraksi mol terhadap kapasitansi

Berdasarkan gambar di atas diketahui bahwa pada fraksi 2,5% dan 5% kapasitansi pada sampel meningkat. Namun, pada fraksi 30% terjadi penurunan dan kembali naik pada fraksi 50%. Pada fraksi 70% terjadi peningkatan kapasitansi yang tidak jauh berbeda nilainya dari kapasitansi pada fraksi mol 50%. Hal ini disebabkan karena ukuran Kristal yang terkecil terdapat pada fraksi mol 30% sehingga menyebabkan penurunan kapasitansi.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan nilai konduktivitas dan kapasitansi dari nanokomposit NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/PANi dengan variasi 2,5%, 5%, 30%, 50%, dan 70% menggunakan alat LCR meter. Data resistansi yang diperoleh dari pengukuran sifat listrik nanokomposit NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/PANi yaitu 91,31  $\Omega$ , 91,31  $\Omega$ , 17,346  $m\Omega$ , 10,243  $m\Omega$ , dan 7,922  $m\Omega$ . Dari data resistansi tersebut dapat diketahui nilai resistivitasnya.

Resistivitas berbanding terbalik dengan konduktivitas. Nilai konduktivitas nanokomposit NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/PANi dengan variasi komposisi 2,5%, 5%, 30%, 50% dan 70% yang didapatkan dari hasil perhitungan yaitu 0,1301062315, 0,086934618, 0,160036896, 0,577301572, dan 0,257258268. Satuan yang digunakan dalam perhitungan konduktivitas adalah  $(\Omega m)^{-1}$ . Semakin besar variasi konsentrasi dari nanokomposit NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/PANi nilai konduktivitas semakin tinggi.

Pada penelitian yang telah dilakukan nilai konduktivitas pada variasi 2,5% yaitu 0,1301062315  $(\Omega m)^{-1}$ . Namun, pada variasi 5% nilai konduktivitas turun dan kembali naik pada variasi 30% dan 50%. Pada variasi 70% nilai konduktivitas listrik kembali turun. Hal ini disebabkan karena ukuran Kristal yang naik turun setiap variasinya. Ukuran Kristal dapat mempengaruhi ketebalan sampel. Ketebalan dari sampel yang sangat kecil yaitu berukuran 20,38  $\mu m$ . Ketebalan sampel dipengaruhi oleh penetasan

sampel diatas substrat kaca pada saat proses coating dengan menggunakan pipet tetes. Volume pada pipet tetes tidak diketahui sehingga saat meneteskan sampel diatas substrat tidak sama.

Berdasarkan penelitian ini, nilai konduktivitas yang dihasilkan dipengaruhi oleh besarnya ukuran Kristal yang terdapat di dalam sampel yang dibuat. Semakin besar ukuran Kristal pada sampel akan meningkatkan nilai konduktivitasnya. Konduktivitas sampel meningkat disebabkan karena semakin besar konsentrasi dan ukuran kristal *filler* akan mempermudah bergetarnya ion yang terdapat pada sampel<sup>[19]</sup>. Frekuensi juga dapat mempengaruhi konduktivitas sampel. Semakin tinggi frekuensi yang digunakan maka dapat meningkatkan konduktivitasnya.

Pada penelitian ini frekuensi yang digunakan yaitu 1000 Hz dengan menggunakan LCR meter. Nilai konduktivitas tertinggi tidak didapatkan pada fraksi terbesar, melainkan pada fraksi 50% dengan ukuran Kristal 42,23169992 nm. Pada fraksi 50% diperoleh ketebalan sampel dengan menggunakan SEM yaitu 59,133  $\mu\text{m}$ . Nanokomposit NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/PANi dapat diaplikasikan pada elektroda superkapasitor dengan syarat memiliki konduktivitas dan kapasitansi yang besar. Pada penelitian ini pengukuran kapasitansi juga dilakukan dengan menggunakan LCR meter. Nilai kapasitansi dari nanokomposit NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/PANi dengan berbagai variasi yang digunakan yaitu 193,32 nF, 83,77 nF, 1 pF, 552,3 pF, dan 445,9 pF. Berdasarkan data pengukuran kapasitansi tersebut disimpulkan bahwa semakin besar variasi yang digunakan maka kapasitansi semakin kecil. Namun pada penelitian ini nilai kapasitansi pada variasi 50% lebih besar dari variasi 70%. Hal ini juga dipengaruhi oleh ketebalan sampel. Semakin besar ketebalan sampel maka kapasitansi yang diperoleh semakin besar.

#### PENUTUP

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan nilai konduktivitas dan kapasitansi dari nanokomposit NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/PANi dengan variasi yang digunakan 2,5%, 5%, 30%, 50%, dan 70%. Nilai konduktivitasnya yaitu 0,1301062315 ( $\Omega\text{m}$ )<sup>-1</sup>, 0,086934618 ( $\Omega\text{m}$ )<sup>-1</sup>, 0,160036896 ( $\Omega\text{m}$ )<sup>-1</sup>, 0,577301572 ( $\Omega\text{m}$ )<sup>-1</sup>, dan 0,257258268 ( $\Omega\text{m}$ )<sup>-1</sup>. Semakin besar variasi yang digunakan maka nilai konduktivitasnya semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena semakin kecil ukuran Kristal maka dapat meningkatkan nilai konduktivitasnya.

Nilai kapasitansi NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/PANi yang diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan LCR meter yaitu 193,32 nF, 83,77 nF, 1 pF, 552,3 pF, dan 445,9 pF. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, nilai kapasitansi menurun seiring dengan meningkatnya nilai variasi komposisi yang digunakan. Hal ini disebabkan karena semakin tebal sampel yang

digunakan maka akan meningkatkan nilai kapasitansinya.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Dr. Ramli, M.Si yang telah mendanai penelitian ini melalui proyek penelitian dengan judul "Pengembangan Nanokomposit MFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (M=Fe,Co, Ni) Dalam Polyvinillidene Flouride Untuk Aplikasi Divais Spintronika yang Fleksibel" pada skema penelitian Berbasis Kompetensi Tahun 2018.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Firmansyah dan Astuti. 2013. Sintesis dan Karakterisasi Sifat Mekanik Bahan Nanokomposit Epoxy-Titanium Dioksida. *Jurnal Fisika Unand*. Vol 2 No.2.
- [2] M. Parishani, A.Chheragi, R. Malekfar. "Spectroscopy, Structural and Optical Investigations of NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Ferrite". *International Journal of Optics and Photonics (IJOP)*. vol. 9, no.2, pp. 73-78, 2015.
- [3] L. Zhao, H. Yang, et al., study of preparation and magnetic properties of silica-coated cobalt ferrite nanocomposites, *springers*, vol. 42, 2007, pp:4110-4114.
- [4] Singh S, Ralhan NK, Kotnala RK, Verma KC. 2012. Nanosize dependent electrical and magnetic properties of NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> ferrite. *Indian Journal of Pure and Applied Physics*. 50:739-743.
- [5] Kasapoglu, N., A. Baykal, M. S. Toprak, Y. Koseoglu, and H. Bayrakdar. 2007. Synthesis and characterization of NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Nano-Octahedrons by EDTA- Assisted Hydrothermal Method. *Turkish Journal of Chemistry*. Vol. 31, P. 659-666.
- [6] Reza, Muhammad., Aldini R. Humaidi., Ferdinand Hidayat., Nona Srikandi., Acmad Rochliadi., Tati Ciptati., Veirnadi Suendo.2014. *Sintesis Kompleks Polianilin/ Polianilin Tersulfonasi Sebagai Material Konduktor Pada Perangkat Optoelektronik*. Insititut Teknologi Bandung : Bandung.
- [7] Chitraningrum, N. 2008. Sifat Mekanik dan Termal pada Bahan Nanokomposit Epoxy-clay Tapanuli. *Skripsi*. Departemen Fisika. FMIPA. UI. Depok. 23-27.

- [8] Vignau, L., Miane, J. L., Olinga, T., Wantz, G., Mouhsen, A., Oualim, E. M., Harmouchi, M. (2010), Influence of the Nature of Polyaniline-based Hole-Injecting Layer on Polymer Light Emitting Diode Performances, *Mater. Sci. Eng. B* 166, 185-189.<sup>[9]</sup>
- [9] Gibson, Ronald F. 1994. *Principles Of Composite Material Mechanics*. New York : Mc Graw Hill, Inc.
- [10] Purnomo, P. 2013. *Sintesis  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Menggunakan Metode Sol-Gel*. Institut Pertanian Bogor : Bogor.
- [11] Cotton, A., Geoffrey Wilkinson, 1989. *Kimia Anorganik Dasar*. Penerjemah: Suhati Suharto. Pendamping: Yanti R.A. Koestoer. Cetakan Pertama. Jakarta. Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press).
- [12] Puspitaningrum, Tyas. 2017. *Penentuan Band Gap dan Konduktivitas Bahan Semikonduktor Lapisan Tipis Sn(S<sub>0,8</sub>Te<sub>0,2</sub>) Dan Sn(S<sub>0,6</sub>Te<sub>0,4</sub>) Hasil Preparasi Dengan Teknik Evaporasi Termal*. Universitas Negeri Yogyakarta : Yogyakarta.
- [13] Mafahir, Iim Abdul. (2015). Pengaruh suhu substrat Terhadap Sifat-sifat listrik Bahan semikonduktor Lapisan Tipis Pbs, Pbse, Pbte Hasil Preparasi dengan Teknik Vakum Evaporasi. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- [14] H. Y. Zuo, 1999, "Optical and Electronics Properties of GaN : A Comparison Study with Reference to Laser Induced Chemical Vapor Deposition Film", Doctoral Dissertation, Macquarie University, Australia.
- [15] Paul A Tipler. 2001. *Fisika Edisi 3 Jilid 2*. Jakarta : Erlangga.
- [16] Yani Nasution, E, L, Astuti 2012. Sintesis Nanokomposit PAni/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Sebagai Penyerap Pada Gelombang Mikro. *Jurnal Fisika Unand*. Vol 1, No 1.
- [17] Khairy, M & M.E.Gouda. (2014). Electrical and Optical of Nickel Ferrite/Polyaniline Nanocomposit. *Elsevier*.
- [18] M. Kooti and A. N. Sedeh, Synthesis and characterization of NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> magnetic nanoparticles by combustion method, *Journal of Materials Science and Technology*, vol. 29, 2013, pp. 34-38.
- [19] Mulyawan, Ade. 2014. Fabrikasi dan Optimasi Sifat Fisis Film Nanokomposit NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-Multiwalled Nanotube/PVA. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.