

PENGARUH KOMPOSISI CoFe_2O_4 TERHADAP SIFAT LISTRIK NANOKOMPOSIT $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ YANG DISINTESIS DENGAN METODA SOL-GEL

Fildzah Rudyah Putri Nurzam^{*)}, Ramli dan Ratnawulan

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang,

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

^{*)}Filzarudya@gmail.com

ABSTRACT

Nanocomposite of CoFe_2O_4 -polyaniline ($\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$) with various variations CoFe_2O_4 and PANi 20%, 30%, 35%, 40%, 50% which was synthesized by sol-gel method. Samples are characterized by X-ray diffraction and LCR meter with CoFe_2O_4 compositions 20%, 30%, 35%, 40% and 50%. Nanocomposites of $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ in prepares using sol-gel method with precursors $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ and $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ with PANi. The Samples the gel shaped thin layer of nanocomposite is characterized using X-Ray Diffraction and LCR meter. The XRD characterization results obtained the crystal size values on the composition variations is 44,86 nm, 39,86 nm, 41,47 nm, 59,65 nm, 57,42 nm and LCR meter characterization have value is $12,2 \times 10^{-9}$ F, $11,2 \times 10^{-9}$ F, $10,8 \times 10^{-9}$ F, $9,6 \times 10^{-9}$ F, $7,3 \times 10^{-9}$ F. Variations in composition of nanocomposite $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ affect the value of crystal size and electrical properties of nanocomposites $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ can be applied to supercapacitor.

Keywords : Nanocomposite, CoFe_2O_4 , Electrical Properties PANi, Sol Gel, variations compositions

PENDAHULUAN

Sumatera Barat memiliki kekayaan alam yang cukup banyak, salah satunya bijih besi. Di tahun 2010 potensi bijih besi mencapai 382 juta ton. Potensi bijih besi yang terdapat di Solok, Nagari Lolo, kecamatan Pantai Cermin terdiri dari bijih besi hematit dan magnetit^[1]. Bijih besi yang terdapat di Kabupaten Solok Selatan mengandung kadar besi, hasil prakiraan bijih besi di daerah ini memiliki kadar besi yang tinggi yaitu sekitar 87, 5%^[2].

Bijih besi memiliki kandungan mineral besi oksida seperti magnetit, hematit dan maghemit. Seiring dengan kemajuan teknologi dan sains bijih besi memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai bahan baku industri yaitu magnetit yang digunakan sebagai tinta kering^[3]. Bijih besi atau Iron oxide merupakan bijih besi yang amat kaya mengandung besi oksida.

Bijih besi memiliki banyak campuran FeO (wustite), Fe_2O_4 (magnetite) dan Fe_2O_3 (hematite) serta beberapa senyawa pengotor lainnya seperti Al_2O_3 , MgO, SiO_2 dan lain-lain^[4]. Besarnya manfaat yang ada pada besi oksida membuat para peneliti banyak mengembangkannya ke berbagai aplikasi yaitu sebagai tinta kering, penyerap gelombang radar, Baterai Li-thium ion, superkapasitor dan pembuatan photoelectrochemical sel surya.

Saat ini material berstruktur nano banyak menarik perhatian para ilmuwan karena ukurannya yang sangat kecil dan rasio luas permukaan volume

meyebabkan ukuran yang mempengaruhi sifat kimia dan fisiknya yang sangat berbeda dengan material berukuran besar pada komposisi kimia yang sama. Struktur nano dari oksida magnetik merupakan salah satu nanomaterial yang terpenting dalam pengembangan beberapa material cerdas dan fungsional baru^[5].

Nanopartikel CoFe_2O_4 yang berpotensi memiliki sifat superparamagnetik yang baik^[6]. Nanopartikel CoFe_2O_4 sangat berpotensi dalam berbagai aplikasi yaitu pada biomedis yang berperan sebagai bahan pembawa target dalam pengiriman obat, sebagai katalis dan cairan magnetik^[7]. Pada lapisan tipis CoFe_2O_4 yang telah dikembangkan sebagai penyusun material seperti penyusun pembuat sensor giant magnetoresistance^[8,9].

Pada penelitian multiferroic Lapisan tipis CoFe_2O_4 berperan sebagai komponen penting dalam *multilayers* atau komposit^[10]. Cobalt ferrite (CoFe_2O_4) merupakan bahan yang memiliki potensial untuk diaplikasikan dalam media perekaman magnetik. Dielektrik akan memberikan informasi penting tentang perilaku pembawa muatan listrik lokal, yang akan memberikan pemahaman tentang mekanisme polarisasi dielektrik.

Nanopartikel CoFe_2O_4 sangat berpotensi dalam berbagai aplikasi, misalnya dalam aplikasi biomedis sebagai bahan magnetik halus yang berperan sebagai pembawa target dalam pengiriman obat^[11], cairan magnetik, katalis, dan pada aplikasi lainnya.

Salah satu bentuk nano-teknologi yang digunakan dalam ilmu bahan material yaitu bahan material nanokomposit. Nanokomposit merupakan bahan yang dibuat dari campuran serbuk yang berukuran nanopartikel. Nanokompositakan memperlihatkan sifat-sifat baru yang lebih unggul dibandingkan dengan bahan-bahan penyusunnya^[12]. Hal ini merupakan salah satu keunggulan utama dari perkembangan dunia nano-teknologi^[13]. Nanokomposit merupakan suatu material yang membentuk dua kombinasi yaitu matrik sebagai penguat dan filler^[14].

Nanokomposit merupakan bahan yang dibuat dari pencampuran serbuk yang berukuran nanopartikel. Nanokomposit merupakan material yang dibuat dengan menyisipkan nanopartikel yang bertindak sebagai filler didalam sebuah matriks. Nanokomposit tersebut menghasilk pencampuran dari sejumlah fase yang berbeda-beda. Pembuatan material nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ dapat dilakukan dengan pendekatan-pendekatan yang mudah dan kompleks. Salah satunya adalah menggunakan pendekatan sample mixing. Ikatan antar partikel yang terjadi pada material nanokomposit memiliki peranan penting pada peningkatan dan pembatan sifat material.

Partikel-partikel yang berukuran nano tersebut mempunyai luas permukaan interaksi yang tinggi. Semakin banyak partikel yang berinteraksi, semakin kuat pula material. Hal ini yang membuat ikatan antar partikel semakin kuat sehingga sifat mekanik material bertambah. Permukaan nanopartikel yang sangat luas berinteraksi dengan rantai polimer, sehingga mereduksi mobilitas rantai polimer.

Interaksi ini meningkatkan kekuatan mekanik komposit tersebut jauh diatas kekuatan polimer itu sendiri. Hasil yang diperoleh adalah material yang ringan dengan kekuatan tinggi. Umumnya, Material nanokomposit menunjukkan perbedaan sifat mekanik, listrik, optik, elektrokimia, katalis, dan struktur dibandingkan dengan material penyusun lainnya^[15].

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 basah karena melibatkan larutan sebagai medianya^[16].

Metode sol gel merupakan salah satu metode yang paling sukses dalam mempersiapkan material oksida logam berukuran nano. Sol adalah suspensi koloid yang fasa terdispersinya berbentuk padat dan fasa pendispersinya berbentuk vairan. Suspensi dari partikel padat atau molekul-molekul koloid dalam larutan, dibuat dengan metal alkoksi dan dihidrolisis

dengan air, menghasilkan partikel padatan matel hidroksida dalam larutan, dan reaksinya adalah reaksi hidrolisis^[17].

Salah satu polimer yang banyak dikembangkan saat ini yaitu Polianilin atau PANi. PANi merupakan polimer konduktif yang dapat menghantarkan arus listrik. Polimer yang keadaannya normal tidak memiliki sifat konduktif tetapi dapat ditingkatkan konduktivitasnya dengan memberikan pembawa muatan. Karenanya polimer ini dapat menghantarkan listrik akibat adanya elektron ikatan terdelokalisasi yaitu kecenderungan elektron terluar sehingga berpindah dari suatu tingkatan ke tingkatan energi lainnya^[18].

Aplikasi pada superkapasitor yaitu merupakan perangkat divais penyimpanan energi yang digunakan untuk aplikasi yang melibatkan kebutuhan daya besar^[19]. Superkapasitor merupakan kapasitor double layer, energi yang disimpan oleh transfer muatan yang terdiri dari elektroda, elektrolit, pemisah (separator) dan pengumpul arus. Komposit logam oksida dan karbon digunakan sebagai elektroda untuk superkapasitor, dan menghasilkan nilai kapasitansi yang lebih tinggi^[20]. Superkapasitor memiliki beberapa keunggulan yaitu waktu hidup yang lebih lama, prinsip dan modelnya sederhana, waktu recharge yang pendek serta aman dalam penggunaannya^[21]. Superkapasitor mempunyai nilai kapasitansi lebih dari 5 F/cm^2 ^[22], dan nilai kapasitansi berkisar antara 0,043-2700 F.

Penelitian sebelumnya, serbuk gergaji kayu karet (SGKK) telah dimanfaatkan pada pembuatan karbon aktif untuk aplikasi superkapasitor dengan efek variasi waktu *ball milling*^[23], dan perlu dikembangkan untuk mendapatkan elektroda karbon dengan nilai kapasitansi spesifik yang tinggi dan densitas terbaik untuk aplikasi superkapasitor.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Penelitian ini mengkaji pengaruh variasi komposisi dari nanokomposit CoFe_2O_4 dalam PANi terhadap sifat listrik dari $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ dengan metode sol-gel. Sifat listrik dari nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ menggunakan LCR meter. Pada penelitian ini ada beberapa tahapan yang dilakukan yaitu preparasi sampel, tahapan pembuatan prekursor, tahap pembuatan nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$, tahapan penumbuhan lapisan tipis, tahapan karakterisasi sifat listrik dan analisis data

Variabel-variabel yang ada pada penelitian ini yaitu Variabel bebas dalam penelitian ini adalah jumlah komposisi CoFe_2O_4 dan PANi. Perbandingan jumlah variasi komposisi CoFe_2O_4 dan PANi adalah 20%, 30%, 35%, 40%, 50%. Variabel kontrol dari penelitian ini yaitu suhu temperatur saat pembuatan sol adalah 110°C selama 15 menit dan

temperatur pada proses nanokomposit 80°C selama 2 jam dan kecepatan alat putar spin coating adalah 1000 rpm selama 60 sekon.

Variabel terikat dari penelitian ini adalah nilai kapasitansi dari nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ yang disintesis dengan metoda sol-gel.

Prosedur penelitian yaitu mempersiapkan sampel pada pengambilan Bijih Besi Pada penelitian ini sampel yang akan digunakan yaitu Bijih besi yang diperoleh dari Sangir, Kabupaten Solok Selatan, Sumatera Barat. Bijih besi diambil dengan cara manual, dimana bijih besi yang terdapat di tanah di sekitar daerah Sangir, dengan ciri-ciri berwarna coklat kehitaman, yang diambil secara langsung dengan magnet permanen sebanyak 10 kg.

Proses Permuanian Bijih Besi. Bijih besi yang telah diambil dari Sangir di kabupaten Solok Selatan selanjutnya dihancurkan menjadi halus dahulu di lumpang dan alu kemudian disaring dengan ayakan biasa dan ditarik dengan magnet permanen sebanyak 20 tarikan. Setelah itu bijih besi yang telah ditarik tersebut dicuci menggunakan aquabidest, setelah itu dikeringkan menggunakan setrika dan ditarik lagi dengan magnet sebanyak 20 kali untuk memastikan bijih besi tidak tercampur dengan bahan pengotor lainnya.

Proses penghalusan bijih besi dengan menggunakan alat HEM-E3D. Pada Proses penghalusan dengan menggunakan HEM-E3D yang dilakukan dengan menggunakan perbandingan pada bola milling terhadap sampel yaitu 10:1, dimana banyak sampel yang dibutuhkan dalam satu kali milling yaitu sebanyak 6 gr dan bola milling 60 gram. Proses milling dilakukan dengan selama 30 jam. Pada waktu milling 30 jam, terlihat hilangnya fasa hematit sehingga yang tertinggal hanya satu fasa yaitu Fe_2O_4 ^[23]. Ini disebabkan karena pada proses milling dengan energi tinggi yang dapat meningkatkan kinetika reaksi yang berkaitan dengan formasi magnetit dan hematit.

Proses pembuatan Precursor bijih besi. Dalam pembuatan prekursor bijih besi Fe_2O_4 dipreparasi menggunakan metode sol-gel dengan prekursor $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$. Alat yang digunakan untuk membuat prekursor hematit yaitu magnetic stirrer pengaduk, termometer dan beaker. Sedangkan bahan yang digunakan dalam pembuatan prekursor yaitu asam oksalat, asam nitrat, dan ethylene glycol.

Pada proses pembuatan prekursor $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ini, dilakukan pada suhu 110°C dengan mereaksikan 17,4 gr Fe_2O_4 dan 4,5 gr asam oksalat ($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$) dengan asam nitrat (HNO_3) sebanyak 42 ml dan kemudian dilarutkan sebanyak 14 gr prekursor yang dihasilkan dengan 55 gr ethylene glycol yang dimasukkan ke dalam gelas beaker. Kemudian larutan tersebut dipanaskan pada suhu 80°C selama 2 jam sambil diaduk menggunakan magnetik stirrer dengan kecepatan konstan yaitu 250 rpm. Setelah selesai, maka akan terbentuk gel nantinya

yang akan digunakan pada proses pembuatan CoFe_2O_4 .

Dalam pembuatan prekursor CoFe_2O_4 . Pembuatan prekursor cobalt disintesis menggunakan metode sol-gel dengan prekursor Cobalt Nitrate $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dalam pembuatan prekursor $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dilakukan dengan cara memanaskan cobalt murni yang berupa serbuk pada suhu 650°C selama 3 jam. Dari pemanasan ini didapatkan berupa CoO yang berbentuk kehijauan. Dari hasil stoikiometri tersebut didapatkankaran untuk pembuatan prekursor cobalt ferrit yaitu bijih besi $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 2,5 gr dan 1,01 gr cobalt oksida dicampurkan dengan 5,55 gr asam sitrat dan 11,1 gr PEG 400 kemudian distirrer selama 2 jam pada suhu 90°C lalu didiamkan selama 5 menit diatas stirrer untuk mengeringkan CoFe_2O_4 selanjutnya CoFe_2O_4 dicuci dengan menggunakan aquabidest, setelah itu dioven pada suhu 110°C selama 24 jam.

Proses pembuatan larutan PANi dimulai dari larutan 0,46565 gr PANi dan 0,57045 gr ammonium persulfate kedalam 50 ml HNO_3 dan distirrer selama 2 jam pada suhu 20°C .

Lapisan tipis nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ ditumbuhkan menggunakan alat *Spin Coating* diatas substrat kaca yang telah dibersihkan dengan menggunakan ethylene glycol. Larutan gel $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ diteteskan diatas substrat kaca dan kemudian diputar dengan kecepatan putar spin coating^[24]. Kecepatan spin coating yang digunakan yaitu 1000rpm dengan lama waktu 60 detik. Laju spin coating ini sesuai pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh^[25]. Lama waktu coating ini sesuai dengan penelitian sebelumnya oleh^[26].

Sampel yang telah dibuat menjadi lapisan tipis nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ dikarakterisasi dengan menggunakan alat LCR meter untuk memperoleh grafik hubungan resistivitas dan kapasitansi suatu bahan. Untuk mengetahui karakteristik dari CoFe_2O_4 dan PANi ditinjau dari fasa, struktur kristal dan ukuran butir kristal dengan menggunakan Alat XRD, karakterisasi SEM, dan FTIR.

Hasil karakterisasi LCR meter didapatkan data yaitu resistivitas dan nilai kapasitansi setiap variasi komposisi $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$. Kemudian dari data tersebut dibuat dalam bentuk grafik hubungan antara variasi nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ terhadap kapasitansi listrik.

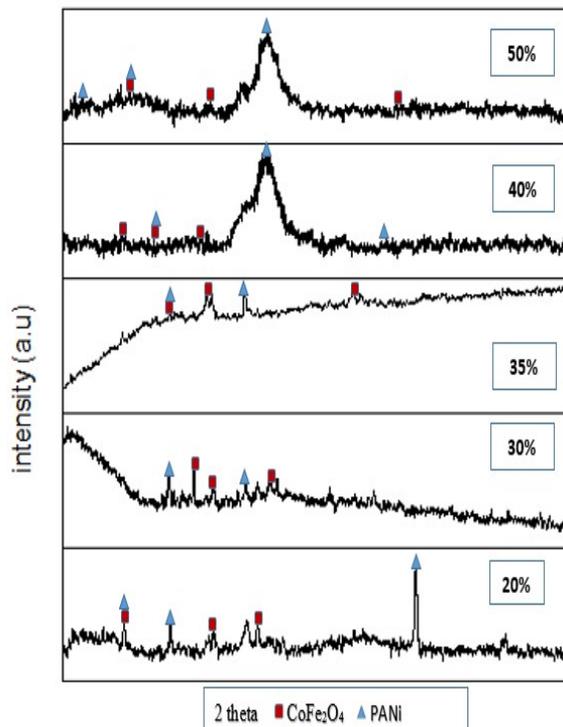
Berdasarkan data karakterisasi menggunakan LCR meter maka dapat diperoleh secara langsung nilai resistivitas dan kapasitansi dari komposisi CoFe_2O_4 nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ dengan variasi 20%, 30%, 35%, 40% dan 50% yang di preparasi menggunakan metoda sol-gel. Kemudian dari data yang di dapatkan dari LCR meter tersebut dapat dicari nilai resistivitasnya berdasarkan persamaan (2) untuk resistivitas dan persamaan (5) untuk konduktivitasnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

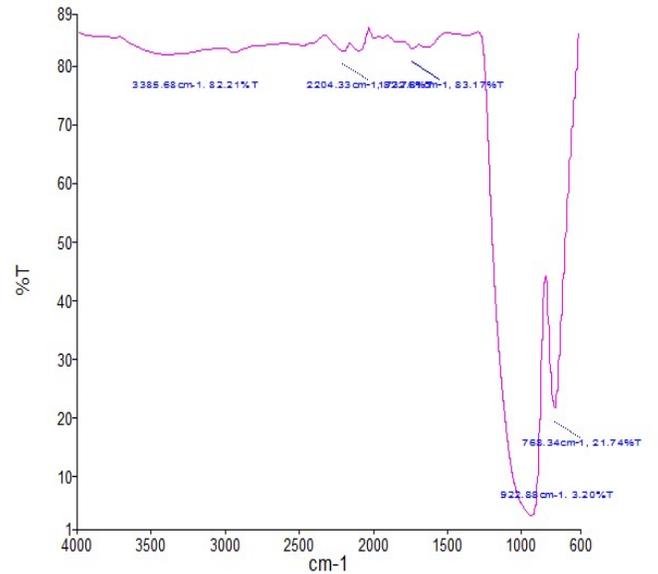
Hasil dari penelitian ini yaitu identifikasi data, struktur, dan ukuran butir yang diuji menggunakan XRD, FTIR digunakan untuk melihat struktur senyawa kimia dari nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$, serta mengukur ketebalan yang terbentuk dari lapisan tipis nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ yang didapatkan berdasarkan karakterisasi SEM, dan nilai kapasitansi yang diuji menggunakan LCR meter.

- a. Data hasil karakterisasi menggunakan X-ray Diffraction



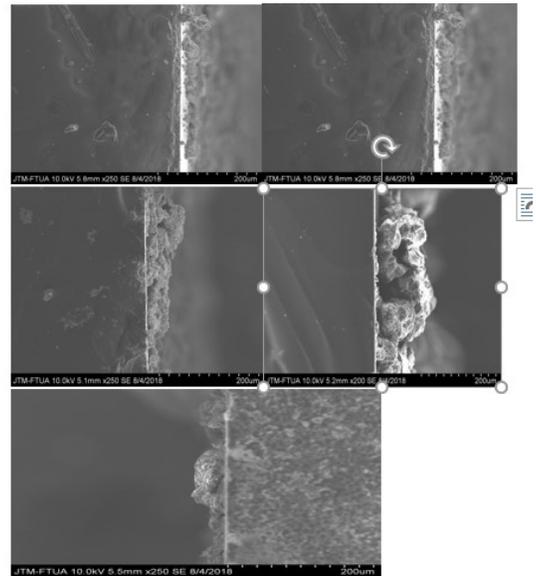
Gambar 1..Data hasil XRD nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$

- b. Data hasil karakterisasi menggunakan FTIR



Gambar 2. Data hasil FTIR Nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$

- c. Data hasil karakterisasi menggunakan SEM

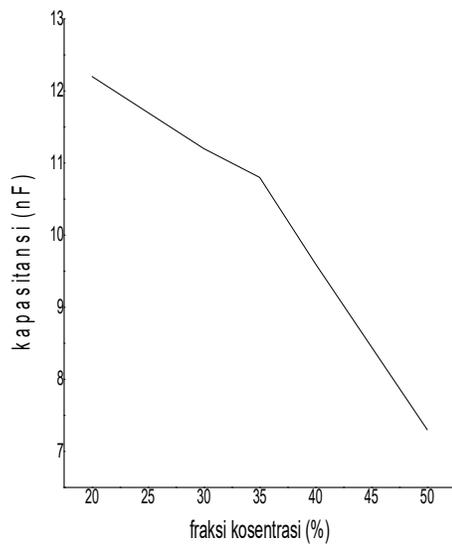


Gambar 3. Data hasil SEM Nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$

- d. Data Hasil Karakterisasi Sifat Listrik menggunakan LCR meter

Tabel 1. Data hasil pengujian sifat listrik nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ dengan berbagai variasi komposisi

Variasi	Resistivitas (Ωm)	Kapasitansi (F)
20%	72,29355565	$12,2 \times 10^{-9}$
30%	82,23844282	$11,2 \times 10^{-9}$
35%	11,35661176	$10,8 \times 10^{-9}$
40%	1,688603531	$9,6 \times 10^{-9}$
50%	3,67698745	$7,3 \times 10^{-9}$



Gambar 4. Hubungan antara Variasi Fraksi konsentrasi $CoFe_2O_4$ terhadap nilai Kapasitansi $CoFe_2O_4/PANi$

B. Pembahasan

Berdasarkan analisis data XRD, Pola difraksi sinar-X yang diperoleh dari nanokomposit $CoFe_2O_4/PANi$ dengan beberapa variasi yaitu 20%,30%,35%,40%,50% didapatkan struktur kristal nanokomposit yang tumbuh diatas substrat kaca ketika dijadikan lapisan tipis. Hasil karakterisasi pada XRD yang telah diperoleh, kemudian dibandingkan dengan database ICDD.

Pada variasi 20% muncul fasa nanokomposit $CoFe_2O_4/PANi$, $CoFe_2O_4$ dan $PANi$. Hasil dari XRD dapat dilihat pada pola difraksi pada variasi 20% memperlihatkan beberapa puncak tertinggi. Pada proses ini memperlihatkan hasil deposisi yang terbentuk adalah lima puncak yaitu $21,0^{\circ}$, $29,1^{\circ}$, $36,6^{\circ}$, $42,7^{\circ}$, $72,5^{\circ}$, dengan FWHM $0,25^{\circ}$, $0,35^{\circ}$, $0,46^{\circ}$, $0,51^{\circ}$, $0,40^{\circ}$. Dengan pola difraktogram untuk menentukan ukuran Kristal berdasarkan nilai FWHM pada berbagai puncak dengan menggunakan persamaan Scherrer. Pada masing-masing ukuran Kristal yang terhitung menggunakan persamaan scherrer yaitu 58 nm, 59 nm, 38 nm, 25 nm, 39 nm.

Pada Pola difraksi variasi nanokomposit $CoFe_2O_4/PANi$ 30% memperlihatkan bahwa terbentuk beberapa puncak tertinggi. Puncak-puncak tersebut ada puncak komposit $CoFe_2O_4/PANi$, puncak $PANi$ dan puncak $CoFe_2O_4$.

Pada pola difraksi terlihat bahwa hasil deposisi yang terbentuk adalah lima puncak yaitu $29,9^{\circ}$, $36,7^{\circ}$, $42,5^{\circ}$, $46,8^{\circ}$, $57,5^{\circ}$ diikuti dengan FWHM adalah $0,30^{\circ}$, $0,40^{\circ}$, $0,61^{\circ}$, $0,30^{\circ}$, dan $0,81^{\circ}$.

Dengan pola difraktogram digunakan untuk menentukan ukuran kristal berdasarkan nilai FWHM pada berbagai puncak dengan menggunakan persamaan Scherrer. Pada masing-masing ukuran kristal yang terhitung dengan menggunakan persamaan Scherrer yaitu 58nm, 59nm,25nm,38nm,39nm. Pada pola difraksi nanokomposit $CoFe_2O_4/PANi$ variasi 35% dapat memperlihatkan beberapa puncak tertinggi. Pada proses ini memperlihatkan hasil deposisi yang terbentuk adalah lima puncak yaitu dapat dilihat pada Tabel2.

Tabel 2. Data tiap puncak intensitas pola difraksi

No	Sudut [$^{\circ}2\theta$.]	Intensitas [a.u.]
1.	20.6710	0.3070
2.	35.5187	0.4605
3.	36.5210	0.2558
4.	42.2727	0.2558
5.	61.5478	0.8187
6.	62.9347	0.6140
7.	94.0955	0.4093

Dengan pola difraktogram untuk menentukan ukuran Kristal berdasarkan nilai FWHM pada berbagai puncak dengan menggunakan persamaan Scherrer.

Pada masing-masing ukuran kristal yang terhitung menggunakan persamaan scherrer

yaitu 51 nm, 59 nm, 60 nm, 25 nm, 38 nm. Pola difraksi variasi nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ 40% dapat memperlihatkan beberapa puncak tertinggi. Pada proses ini memperlihatkan hasil deposisi yang terbentuk adalah lima puncak yaitu $20,4^\circ$, $36,0^\circ$, $46,9^\circ$, $74,0^\circ$, $78,9^\circ$, dengan FWHM $0,09^\circ$, $0,81^\circ$, $0,15^\circ$, $0,25^\circ$, $0,30^\circ$. Dengan pola difraktogram untuk menentukan ukuran Kristal berdasarkan nilai FWHM pada berbagai puncak dengan menggunakan persamaan Scherrer. Pada masing-masing ukuran Kristal yaitu 51nm, 62 nm, 77 nm, 103 nm, 124 nm.

Hasil karakterisasi menggunakan FTIR nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ terlihat pada daerah bilangan 922,88 cm menunjukkan jenis senyawa yang $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ yang sudah berikatan. Bilangan gelombang yang didapatkan dikarenakan transmisi yang paling kecil.

Hasil karakterisasi menggunakan SEM didapatkan pencitraan ketebal dari nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ variasi komposisi 20%, 30%, 35%, 40%, 50%. Memperlihatkan fase gel yang berhasil dilapiskan pada substrat kaca, namun terdapat beberapa titik dari pencitraan tersebut yang memperlihatkan belum seluruhnya bertransformasi secara sempurna. Berdasarkan hasil pencitraan SEM dengan perbesaran 250X tersebut didapatkan ketebalan sampel yaitu 16,43 nm, 16,433 nm, 53,125 nm, 124,6 nm, 29, 875 nm.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan nilai resistivitas dan kapasitansi dari nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ dengan variasi 20%, 30%, 35%, 40% dan 50% menggunakan alat LCR meter. Dari data tersebut didapatkan nilai kapasitansi dari pengujian sifat listrik nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ tiap berbagai variasi pada frekuensi 1000 Hz yaitu dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Data Hasil Pengukuran Sifat Listrik Nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ dengan berbagai variasi dengan LCR meter.

Variasi komposisi $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$	Kapasitansi
20%	12,2 nF
30%	11,2 nF
35%	10,8 nF
40%	9,6 nF
50%	7,3 nF

Pada Tabel 3 dapat dilihat hasil pengukuran kapasitansi nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ menggunakan LCR meter. Dari pengukuran tersebut didapatkan nilai kapasitansinya. Dapat dilihat nilai kapasitansi setiap penambahan variasi semakin kecil. Pada variasi $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ 50% didapatkan nilai kapasitansi paling kecil yaitu 7.3 nF. Hal ini dipengaruhi oleh ukuran Kristal yang besar dari variasi sampel tersebut.

Pada penelitian ini didapatkan semakin besar variasi konsentrasi komposisi yang diberikan dari nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ maka nilai kapasitansi bahan tersebut juga akan semakin rendah. Pada fraksi 50% nilai kapasitansi mengalami penurunan yaitu 7.3 nF. Nilai kapasitansi sampel semakin rendah pada frekuensi 1000 Hz dapat dipengaruhi oleh penambahan komposisi pada sampel tersebut dan untuk aplikasi superkapasitor nilai kapasitansi lebih dari 5 F/cm²[27]. Nilai kapasitansi untuk aplikasi superkapasitor berkisar antara 0,043-2700F^[28]. Jika dibandingkan dengan hasil kapasitansi yang diperoleh oleh Vinda (2014) 1.28×10^{-5} F, hasil yang diperoleh pada penelitian ini paling besar yaitu $12,2 \times 10^{-9}$ F tetapi hasil ini lebih kecil dibandingkan dengan penelitian Vinda (2014). Hal ini disebabkan karena perbedaan sampel yang digunakan dalam penelitian ini kami membuat tidak menambahkan pengaruh medan magnet sedangkan pada penelitian ini Vinda (2014) menambahkan pengaruh medan magnet untuk kapasitansi. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Yuyun Junahiswari (2016) yaitu pengaruh ukuran bulir terhadap kapasitansi superkapasitor. Ukuran butir 0.0074×10^{-2} m dengan kapasitansi $19,65 \times 10^{-3}$ F, hasil yang kami peroleh ukuran butir paling besar yaitu 59,65 nm nilai kapasitansinya 9.6×10^{-9} F tetapi hasil ini lebih kecil dibandingkan dengan penelitian yuyun junahiswari (2016). Hal ini disebabkan karena perbedaan ukuran kristal yang diperoleh, pada penelitian Yuyun Junahiswari ukuran butir mempengaruhi nilai kapasitansi, dan perbedaan sampel yang digunakan karena pada penelitian ini sampel dibuat dalam bentuk lapisan tipis sedangkan pada penelitian Yuyun Junahiswari (2016) membuat sampel dalam bentuk pellet. Nilai kapasitansi yang didapatkan juga dipengaruhi ukuran kristal yang naik-turun disetiap variasi komposisi $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$, dan ukuran kristal dapat mempengaruhi ketebalan sampel. Ketebalan sampel dapat dipengaruhi oleh pemberian sampel diatas substrat kaca pada saat proses coating dengan pipet tetes.

Berdasarkan penelitian ini, nilai kapasitansi yang didapatkan dipengaruhi oleh besarnya nilai ukuran kristal yang terdapat didalam sampel dan penambahan variasi komposisi pada $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$.

PENUTUP

A. Kesimpulan

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

1. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada sifat listrik nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ didapatkan hasil nilai kapasitansi dari nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ dengan variasi yang digunakan 20%,30%,35%,40% dan 50% adalah 12,2 nF, 11,2 nF, 10,8 nF , 20,1 nF, dan 9,3 nF. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar variasi komposisi CoFe_2O_4 maka nilai kapasitansi semakin berkurang. Nilai kapasitansi dari Nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ yang diperoleh sesuai untuk diaplikasikan pada superkapasitor.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, peneliti menyarankan untuk melakukan proses sol-gel lebih baik lagi agar larutan dibuat makin kental, sehingga untuk melakukan penumbuhan lapisan tipis dengan spin coating yang dihasilkan lebih homogen dan lebih lengket.

UCAPAN TERIMAKASIH

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

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Prasetyo, Budi Agus., Sutistiyono, Eko. 2008. *Perbandingan Karakteristik Pengotor Bijih Besi Dari Belitung Kepatang dan Solok*. Lipi: Jakarta
- [2] Yulianto A, S. Bijaksana,W. Loeksmanto., D. Kurnia. 2003. Produksi Hematite ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) dari Pasir Besi Pemanfaatan Potensi Alam Sebagai Bahan Indurstri Berbasis Sifat Kemagnetan. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. Vol.5 No.1 tahun 2003. 51-54
- [3] Ratnawulan,2013. Karakterisasi Bijih Besi Alam Sebagai Bahan Baku Magnetit pada Tinta Kering. Universitas Negeri Padang
- [4] Komotina,M., Heinrich W., Gudenau. 2004. *The Sticking Problem during Direct Reduction of Fine Iron Ore in the Fluidized Bed*. *Jurnal Of Metallurgy*309-3
- [5] Ramli, Jonuarti, R., Hartono, A, 2017. Analisis Sturktur Nano dari Lapisan Tipis Cobalt Ferrite yang Dipreparasi Dengan Metode Sputtering. *Eksakta* Vol. 18 No.1
- [6] Del Castillo, V.L.C.D., 2005. Synthesis and Characterization of Cobalt Substituted Ferrite Nanoparticles Using Reverser Micelles. Thesis. University of Puerto Rico. Mayaguez Campus
- [7] Setiadi, E.A., Nanda, S., Hesti, R.B.U., Nur, F.F., Takeshi, K., Satoshi, I., Edi, S. 2013. Sintesis Nanopartikel Cobalt Ferrite (CoFe_2O_4) dengan Metode Kopresipitasi dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya. *Indonesian Journal of Applied Physics*. Vol 3.No1 Hal 55
- [8] 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
- [9] Ramli, A.Hartono., E. Sanjaya, A. Amirudin, Khairurrijal, F. Haryanto, C. Imawan, M. Djamal. 2016. Novel ternary $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{CuO}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$ as a Giant Magnetoresistance Sensor, *J. Math. Fund. Sci.*, Vol.48, No.3, hal.230-240
- [10] Etier, M., Schmitz-Antoniak, C.,Salamon, S., Trivedi, H.,Gao, Y., Nazrabi, A., Landers, J., Gautam, D., Winterer, M., Schmitz, D., Wende, H., Shvartsmana, V.V., Lupascua, D.C. 2015. Magnetoelectric coupling on multiferroic cobalt ferrite-barium titanate ceramic composites with differeny connectivity schemes. *Acta Materialia*. Vol.90,pp. 1-9
- [11] Tamhankar,P.M., Kulkarni. A. M, and Watawe, S.C. 2011. Functionalization of Cobalt Ferrite Nanoparticle with Alginate Coating for Biocompatible Application. *Material Sciences and Applications*.
- [12] Yunasfi. 2015. Analisis Sifat Lisrik Nanokomposit $\text{Fe}_0.5\text{-C}_0.5$. *Metelurgi* 30, Hal.31-38
- [13] Li Q, Li,Y., dan Zhang X. 2007. Strukture Dependent Electrical Properties of Carbon Nanotubes Fiber. *Adv. Mater*. 19. Hal 3358-3363s
- [14] Erika, L.Y.Nasution, Astuti.2012. Sintesis Nanokomposit PANi/ Fe_3O_4 sebagai Penyerap Magnetik pada Gelombang Mikro. *Jurnal Fisika Unand* Vol 1, No.1, Oktober 2012
- [15] Hadiywarman, Rijal A, Nuryadin BW., Mikrajuddin Abdullah, dan Khairurrijal. 2008. Fabrikasi Material Nanokomposit Superkuat, Ringan, dan Transparan Menggunakan, Metode

- Simple Mixing. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*. Vol. 1, pp.28-32.
- [16] Murti, F, Ramli, Darvina Y, 2017. Analisis Sifat Listrik Lapisan Tipis Fe₃O₄ yang Dipreparasi dari Pantai Tiram Kabupaten Padang Pariaman Sumatra Barat Dengan Metode Sol-Gel Spin Coating. *Pillar of Physics*, Vol.10, hal 31-38
- [17] Paveena, A.Z. Tachan, M. Boutbara. 2010. The Effect of Substrate Temperature on Structural and Physical Properties of Ultrasonically Sprayed CdS Film. *Material Chemistry and Physics*.94
- [18] Maddu, A. 2008. Sintesis dan Nanoserat Polianilin. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*. Vol 1, No.2. Jurusan Fisika Institut Pertanian Bogor. Hal 74-78
- [19] Miller, J.R., Burke, A.F.2008. Electrochemical Capacitor Challenges and Opportunities For Real-World Application. *Electrochem. Soc.interf.* 17(1),53-57
- [20] Jayalakshmi, M.2008. Simple Capacitor to Supercapacitors. *Int. J.Electrochem Sci.* Vol 3. Hal 1196-1217
- [21] Kotz, R and Bartschi, M.2002. Hy. Power-A Fuel Cell Car Boosted with Supercapacitors. The 12th Internasional Seminar On Double Layer Capacitors and Similar Energy Storage Devices. Deerfield Beach. USA
- [22] Sahay, Kuldeep. 2009. Supercapacitor Energy Storage System for Power Quality Improvement. *J.Electrical systems* Vol.X Hal 1-8
- [23] Sari, P.F.2014. Efek Variasi Waktu Ball Milling Terhadap Karakteristik Elektrokimia Sel Superkapasitor Berbasis Karbon. Skripsi Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau
- [24] Darvina, Y.,Rianto,D.,Murti F., Yulfriska N., Ramli.2017. Struktur Nano Partikel Oksida Besi dari Pasir Besi Pantai Tiram Sumatera Barat. Padang : Universitas Negeri Padang
- [25] Rianto, Debi. 2017. Analisis Struktur Kristal dan Morfologi Lapisan Tipis Magnetit (Fe₂O₄) Berbahan Dasar Pasir Besi Alam yang Ditumbuhkan Menggunakan Metode Spin Coating. UNP:Padang
- [26] 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
- [27] Fitriana, Vinda Nur. 2014. Sintesis dan Karakterisasi Superkapasitor Berbasis Nanokomposit TiO₂/C. Semarang. Universitas Negeri Malang
- [28] Ganesh, V. 2006. New Symmetric and Asymmetric Supercapacitors Based on High Surface Area Porous Nickel and Activated Carbon. *Power Sources*. Vol. 158 Hal 1-43.