

PENGARUH FRAKSI KONSENTRASI NANOKOMPOSIT $Fe_3O_4/PANi$ DENGAN METODE SOL-GEL *SPIN COATING* UNTUK MATERIAL ELEKTRODA BATERAI LITHIUM

Varadila Sahanaya^{*}), Ramli dan Yenni Darvina

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang,
Jalan Prof. Dr. Hamka Air Tawar, Padang 25131
varadilavardil153@gmail.com

ABSTRACT

In this modern era, technological developments in the field of electronic devices are progressing very rapidly. Therefore, this triggers the demand for storage of electrical energy, one of which is a lithium battery. The performance of the lithium battery depends on the electrode material used. The purpose of this study was to investigate the effect of Fe_3O_4 concentration on $Fe_3O_4/PANi$ nanocomposite electrical properties by sol gel method for lithium battery electrode material. In this study, the growth of $Fe_3O_4/PANi$ nanocomposite layers using spin coating method with a concentration variation of 30%, 40%, 50%, 60% and 70%. Magnetite was prepared using sol-gel technique with precursors ($Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$). Then the precursor was mixed with PANi polymer with varied concentrations. The results of $Fe_3O_4/PANi$ Gel are coated on a glass substrate followed by a drying process. $Fe_3O_4/PANi$ nanocomposite layers were characterized using X-Ray Diffraction and Scanning Electron Microscopy and LCR meters. The results of this study indicate that at a concentration of 30% to a concentration of 40% there is a decrease but at a concentration of 50% an increase in the size of the crystal and at a concentration of 60% to 70% decreased again. FTIR results show the molecular bond formed and the results of SEM imaging show the thickness of the nanocomposite layer. As well as conductivity and electrical capacitance obtained through characterization using LCR meters which are 6.91218303 S/cm and $2.69 \times 10^{-10} F$.

Keywords : Baterai Lithium, Fraksi Konsentrasi $Fe_3O_4/PANi$, Lapisan Nanokomposit $Fe_3O_4/PANi$, Sifat Listrik, Spin Coating

PENDAHULUAN

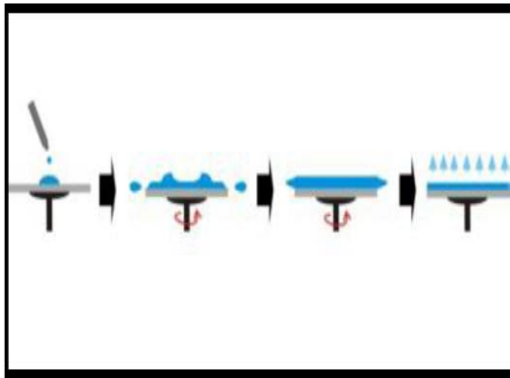
Dewasa ini, kebutuhan akan perangkat elektronik mengalami perkembangan yang cukup pesat hal ini mengakibatkan terjadinya krisis energi. Oleh karena itu, mendorong untuk mengembangkan energi terbarukan dan perangkat penyimpanan energi terutama pada baterai lithium. Baterai lithium adalah baterai yang paling banyak digunakan dalam perangkat elektronik. Baterai lithium memiliki keunggulan tidak memiliki *memory effect*, memiliki kapasitas energi yang tinggi, dan dapat diisi ulang. Namun, memiliki kelemahan safety problem, ekonomi dan masalah lingkungan^{[4][7][14][26]}. Kelemahan ini mendorong untuk mengembangkan material elektroda baterai lithium yang lebih baik lagi. Bahan elektroda yang banyak digunakan pada baterai lithium adalah grafit, House dan Ross (2007)^[10] menjelaskan bahwa sifat elektrokimia grafit menghalangi perpindahan ion lithium dan jarak yang ditempuh untuk lepas dari grafit semakin jauh, karena ukuran partikel grafit yang besar sehingga energi yang dihasilkan berkurang. Menurut (Rohman, 2012)^[19], secara teoritik grafit memiliki kapasitas energi sebesar 372 mAhg^{-1} . Nilainya tergolong kecil untuk dapat memenuhi tuntutan kinerja baterai lithium yang semakin tinggi. Salah satu kandidat pengganti grafit adalah nanopartikel magnetit Fe_3O_4 . Nanopartikel Fe_3O_4 magnetit memiliki kapasitas

teoritik yang tinggi sebesar 1000 mAh/g, kelimpahan di alam yang tinggi dan biaya pemrosesan rendah^[2]. Material dengan struktur nano dapat ditingkatkan secara signifikan melalui proses elektrokimia dalam elektroda yaitu dapat mengurangi jarak pembawaan ion, elektron dan juga area kontak elektroda yang besar sehingga diharapkan pengisian/pemakaian (*charge/discharge*) dan kapasitas yang berenergi tinggi bisa dinaikkan pada baterai litium untuk material elektroda yang bentuk strukturnya nano^[2].

Material elektroda dari beberapa kandidat telah dilakukan pada penelitian Wigayati (2009)^[25] sintesis lembaran grafit dengan konduktivitas listrik sebesar $6,2 \times 10^{-3} - 43,8 \times 10^3 \text{ S/cm}$, dan juga membuat elektroda baterai lithium dengan bahan karbon aktif dengan konduktivitas dan kapasitansi listrik yang diperoleh sebesar $2,34 \times 10^{-6}$ dilakukan oleh Susana dan Astuti (2016)^[24], kemudian membuat komposit anoda $Li_4Ti_5O_{12}$ dengan konduktivitas listrik sebesar $32,7 \times 10^{-3} \text{ S/cm}$ yang telah dilakukan oleh Subhan dan Prihandoko (2011)^[23]. Namun pada penelitian ini kami membuat elektroda dari lapisan nanokomposit $Fe_3O_4/PANi$ yang disintesis dengan menggunakan metoda penumbuhan lapisan tipis.

Banyak cara yang dilakukan dalam penumbuhan lapisan tipis diantaranya yaitu sputtering yang dilaporkan dalam jurnal (Ramli, dkk, 2017)^[17], DC magnetron *sputtering* (Ramli, dkk, 2016)^[16] dan

semprot *pirolisis* (isac, dkk, 2007) ^[13]. Namun metode tersebut memiliki kekurangan diantaranya luas daerah penumbuhan lapisan tipis yang kecil, instrumen canggih dan biaya tinggi. Oleh karena itu, cara melakukan penumbuhan lapisan tipis secara sederhana dengan *spin coating*. Metode *spin coating* adalah metode dimana pelapisan dilakukan diatas substrat yang diputar dengan kecepatan tertentu sehingga adanya gaya sentripetal, larutan atau gel yang menempel mengalir ke arah pinggir substrat dan pelarut menguap serta diiringi reaksi kondensasi, sehingga diperoleh lapisan berupa film padat. 1.



Gambar 1. Skema dari Tahapan *Spin Coating*^[20]

Skema proses *spin coating* yang terdiri dari 4 tahapan ditunjukkan pada Gambar 1 Rustami (2008)^[21] tahap pertama merupakan tahap deposisi yaitu meneteskan berupa gel diatas substrat yang belum diputar. Kemudian tahap kedua substrat mulai diputar berikutnya. Dan 2 tahap selanjutnya laju putaran konstan dan tidak ada percepatan sudut pada substrat. Kemudian dilakukan tahap *spin-off* sehingga sebagian cairan berlebih menuju ke tepi substrat dan membentuk tetesan-tetesan. Semakin menipis lapisan yang terbentuk maka tetesan-tetesan akan makin berkurang. Lapisan semakin tipis diakibatkan oleh adanya penambahan hambatan alir dan viskositas. Kemudian dilakukan tahapan terakhir yaitu evaporasi sebagai mekanisme utama dari proses penipisan lapisan.

Riaz, dkk, (2014)^[18] telah melakukan penumbuhan lapisan tipis magnetit dengan metode *spin coating* diatas substrat Cu kemudian Eken dan Ozenbas (2009)^[6] menumbuhkan lapisan tipis magnetit diatas substrat kaca. Dan juga menggunakan metode kimia yaitu metode sol gel. Metode sol gel merupakan pembuatan lapisan tipis dengan proses kimia berupa reaksi hidrolisis dan kondensasi.

Metode sol gel memiliki keunggulan yaitu menghasilkan material yang komposisinya bisa dikontrol dan tingkat kehomogenan tinggi. Dalam pembuatan material elektroda baterai lithium diperlukan pengetahuan mengenai sifat kelistrikan dari material elektroda tersebut. Sifat suatu material elektroda bergantung pada nilai konduktivitas dan

kapasitansi listrik. Konduktivitas listrik adalah kemampuan suatu bahan untuk menghantarkan arus listrik. Nilai konduktivitas dinyatakan dalam persamaan:

$$\sigma = \frac{L}{RA} \quad (1)$$

Dengan σ adalah konduktivitas (S/cm), L adalah panjang (cm), R adalah resistansi (Ω) dan A adalah luas penampang cm^2 . sedangkan kapasitansi adalah kemampuan untuk menyimpan muatan listrik^[12]. Nilai resistansi diukur menggunakan alat LCR meter. Gambar 1 merupakan alat LCR meter.



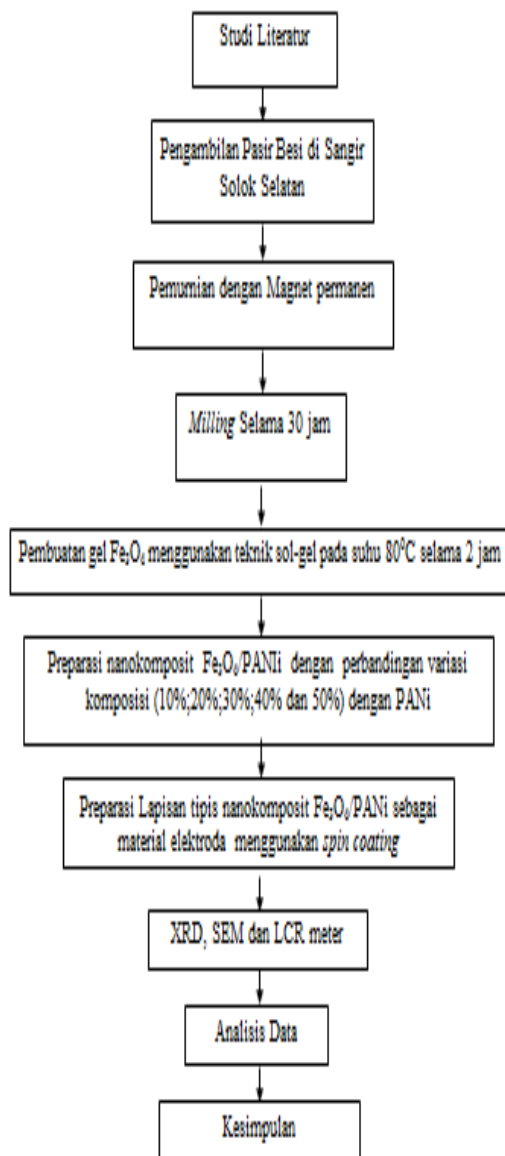
Gambar 1. Alat LCR Meter

Dengan melakukan pengujian konduktivitas dan kapasitansi listrik, maka dapat ditentukan apakah nilai konduktivitas dan kapasitansi suatu material dapat memenuhi kebutuhan untuk material elektroda baterai lithium.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen, penelitian ini dilakukan dari bulan Desember-Mei 2017 di Laboratorium Fisika Material dan Biofisika FMIPA Universitas Negeri Padang. Sampel yang digunakan yaitu sampel pasir besi yang diambil dari Sangir Kabupaten Solok Selatan Sumatera Barat. Dalam penelitian ini menggunakan variabel bebas yaitu variasi fraksi konsentrasi 30%; 40; 50%; 60% dan 70% $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PANI}$ dan variabel kontrol temperatur sol gel 80°C selama 2 jam, dan variabel terikat konduktivitas dan kapasitansi listrik. Kemudian gambar skema alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah HEM-E3D, Furnance, Magnetic Stirer, *Spin Coating*, termometer, timbangan digital, erlenmeyer, gelas beaker, pengaduk, pipet tetes, substrat kaca, SEM, XRD dan LCR Meter. Sedangkan bahannya yaitu pasir besi magnetit, asam oksalat, ethylen glycol, asam nitrat, polimer polianilin (PANI), aquabides, amonium persulfat dan HCL. Bentuk dari Pasir besi magnetit dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Skema Alur Penelitian



Gambar 3. Pasir Besi Magnetit Sangir Solok Selatan

Prosedur penelitian yaitu mempreparasi sampel yang diambil dari Sangir Solok Selatan, kemudian pemurnian pasir besi yang dilakukan dengan menarik pasir besi menggunakan magnet permanen terlebih dahulu sebanyak 20 kali tarikan untuk memisahkan antara pasir yang mengandung besi dengan bahan-bahan campuran lainnya yang tidak mengandung unsur besi. Selanjutnya pasir besi yang telah ditarik tersebut dicuci menggunakan aquabides, lalu setelah itu dikeringkan dan ditarik lagi dengan magnet sebanyak 20 kali.

Penghalusan sampel menggunakan HEM-E3D yang dilakukan dengan perbandingan bola milling terhadap sampel yaitu 10:1 (1 gram sampel sebanyak 10 gram bola-bola milling), dimana dalam satu kali milling sampel yang dibutuhkan sebanyak 6 gram dan bola milling 60 gram. Proses *milling* dilakukan selama waktu 30 jam. Waktu *milling* yang digunakan ini berdasarkan penelitian (Darvina, dkk 2017)^[5], dimana pada waktu *milling* 30 jam, hilangnya fasa hematit sehingga memperoleh fasa homogen magnetit Fe_3O_4 (Darvina, dkk, 2017)^[5]. Menurut (Can, dkk, 2010)^[3], pada proses *milling* 30 jam mengakibatkan terjadinya perubahan fasa, karena energi tinggi bisa menaikkan kinetika reaksi dari hematit ke magnetit.

Pembuatan precursor berdasarkan penelitian (Darvina, dkk 2017)^[5], dalam pembuatan lapisan tipis nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PANi}$, sampel di preparasi menggunakan metode sol-gel dengan *precursor* ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$). Bahan yang digunakan dalam membuat *precursor* yaitu asam oksalat, asam nitrat dan ethylene glycol. Sedangkan alat yang digunakan untuk membuat *precursor magnetit* yaitu *magnetic stirrer* pengaduk, termometer dan *beaker*. Selanjutnya proses pembuatan *precursor* ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) ini, dilakukan pada suhu 110°C selama 15 menit dengan mereaksikan Fe_3O_4 sebanyak 17,4 gr dan 4,5 gr asam oksalat ($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$) dengan asam nitrat (HNO_3) sebanyak 42 mL kemudian dilarutkan sebanyak 14 gr dan dimasukkan dalam *beaker* dengan mencampurkan 55 gr ethylene glycol lalu diaduk. Selanjutnya larutan dipanaskan di suhu 80°C selama 2 jam seiring dengan di aduk menggunakan *magnetic stirrer* kecepatan konstan. Lalu akan akan terbentuk gel yang akan digunakan dalam mekanisme penumbuhan lapisan tipis.

Berdasarkan penelitian Husain (2016)^[11], maka pembuatan nanokomposit dilakukan dengan metode polimerisasi insitu dilakukan pencampuran antara Anilin (0,1 M) dan HCl dalam 1M sebesar 15 ml dan dilakukan pengadukan menggunakan alat *magnetic stirrer* selama 15 menit sehingga terbentuk anilin hidroklorida. Selanjutnya, nanopartikel Fe_3O_4 dimasukkan ke dalam larutan di atas lalu diaduk dengan kuat supaya dalam larutan oksida besi merata.

Dalam penelitian ini, akan dilakukan variasi fraksi massa Fe_3O_4 dalam larutan. Ketika dilakukan

pengadukan, 0,1 M amonium persulfat ditambahkan setetes demi setetes dengan lama pengadukan selama 4 jam agar polimerisasi sempurna. Lalu endapan yang terbentuk disaring dan dicuci dengan aquabides yang selanjutnya akan dikeringkan menggunakan oven selama 24 jam. Setelah dikeringkan, endapan tersebut menghasilkan serbuk nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PANi}$. Kemudian, serbuk $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PANi}$ dilarutkan dengan ethylene glycol. Tahap selanjutnya, dilakukan proses pengadukan selama 2 jam pada suhu 80°C menggunakan magnetic stirrer dan kecepatan konstan. Tahap tersebut akan membuat larutan menjadi gel, gel tersebut akan digunakan untuk proses penumbuhan lapisan tipis nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PANi}$ menggunakan *spin coating* dengan kecepatan putar 1000 rpm selama 60 detik. Bentuk dari alat *spin coating* diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Alat *Spin coating*.

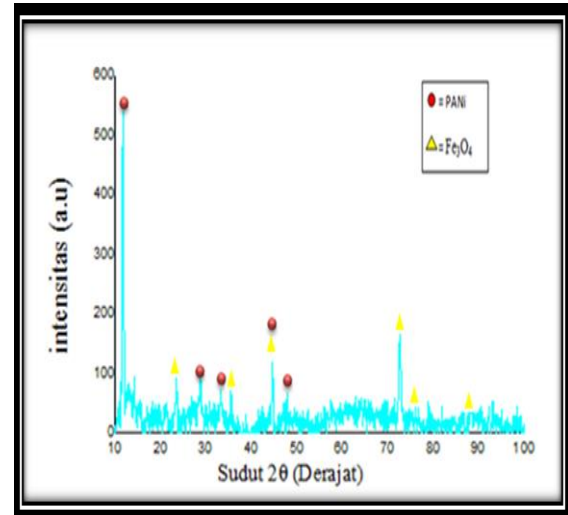
Kemudian lapisan tipis yang terbentuk dikeringkan pada suhu 60°C selama 24 jam. Setelah itu dikarakterisasi menggunakan alat LCR meter untuk mengetahui sifat listriknya.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

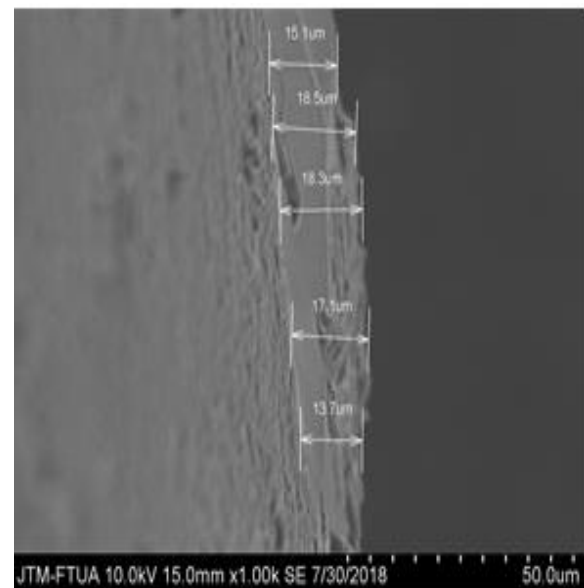
Berdasarkan hasil karakterisasi lapisan nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PANi}$ menggunakan alat XRD untuk melihat pola difraksi. Pola difraksi lapisan nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PANi}$ dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5 Menunjukkan pola difraksi sinar-X terhadap intensitas yang dihasilkan lapisan nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PANi}$ dengan konsentrasi 50%. Pada fraksi konsentrasi 50% terdapat 10 puncak lapisan nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PANi}$ pada sudut $11,7850^\circ$, $23,5583^\circ$, $28,7110^\circ$, $33,1969^\circ$, $35,5139^\circ$, $44,6232^\circ$, $47,8323^\circ$, $72,6296^\circ$, $76,1329^\circ$ dan $88,3465^\circ$ dengan FWHM $0,2047^\circ$, $0,2047^\circ$, $0,8187^\circ$, $0,3070^\circ$, $0,6140^\circ$, $0,2303^\circ$, $0,2558^\circ$, $0,3582^\circ$, $0,3582^\circ$ dan $0,3070^\circ$. Selain perbedaan puncak yang dihasilkan juga adanya perbedaan intensitas dan lebar puncak

dari sudut-sudut difraksi yang terbentuk. Kemudian berdasarkan hasil karakterisasi menggunakan SEM diperoleh data ketebalan dari lapisan nanokomposit. Hasil pencitraan menggunakan SEM dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5. Pola Difraksi Lapisan Nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PANi}$



Gambar 6. Hasil Pencitraan Lapisan Nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PANi}$ perbesaran 1000x

Gambar 6 menunjukkan hasil pencitraan *cross-section* lapisan nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PANi}$ terhadap ketebalan lapisan yang dihasilkan. Ketebalan lapisan nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PANi}$ yang ditumbuhkan mengalami kenaikan seiring bertambahnya konsentrasi. Penelitian yang dilakukan oleh Prisma, dkk (2014)^[15] pada larutan polistiren yang konsentrasi divariasikan terhadap ketebalan lapisan ZnPc juga telah melaporkan bahwa semakin tinggi fraksi konsentrasi maka lapisan yang dihasilkan akan

semakin besar. Hal ini terjadi karena dengan meningkatnya konsentrasi lapisan nanokomposit semakin tebal karena semakin banyak Fe₃O₄/PANi yang mengisi celah. Kemudian dengan meningkatkan fraksi konsentrasi dari gel Fe₃O₄/PANi yang ditetaskan pada substrat akan mengakibatkan gel yang menempel pada substrat semakin banyak sehingga terjadi peningkatan ketebalan lapisan.

Meningkatnya konsentrasi gel yang ditetaskan mengakibatkan semakin banyak gel yang menempel pada substrat pada proses pelapisan sehingga terjadinya peningkatan ukuran ketebalan lapisan. Hasil ini sesuai dengan teori. Viskositas atau kestabilan suatu larutan mempertahankan keadaanya akibat adanya gesekan internal pada fluida (Giancoli, 2001)^[8]. Sehingga kestabilan ini mengakibatkan ketika larutan diputar menggunakan *spin coating* maka lapisan yang terbentuk dengan konsentrasi tinggi menghasilkan lapisan yang lebih tebal. Lapisan yang diharapkan memiliki ketebalan nanometer namun dalam penelitian ini ketebalan lapisan yang dihasilkan masih dalam ukuran mikrometer. Selanjutnya karakterisasi menggunakan LCR meter untuk mengetahui nilai konduktivitas dan kapasitansi dari lapisan nanokomposit Fe₃O₄/PANi. nilai konduktivitas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Konduktivitas Listrik Fraksi Konsentrasi lapisan nanokomposit Fe₃O₄/PANi.

Fraksi Konsentrasi (%)	$\sigma = L/RA$ (S/cm)
30%	0,682065217
40%	1,971864568
50%	0,219972843
60%	2,269636577
70%	6,912181303

Berdasarkan Tabel 1 memperlihatkan hubungan antara fraksi konsentrasi terhadap nilai konduktivitas Fe₃O₄/PANi. Besarnya nilai konduktivitas lapisan nanokomposit Fe₃O₄/PANi untuk variasi konsentrasi 30%; 40%; 59%; 60%; dan 70% yaitu sebesar 0,682065217 S/cm, 1,971864568 S/cm, 0,219972843 S/cm, 2,269636577 S/cm dan 6,912181303 S/cm.

Nilai kapasitansi listrik untuk setiap variasi fraksi konsentrasi ditunjukkan oleh Tabel 2.

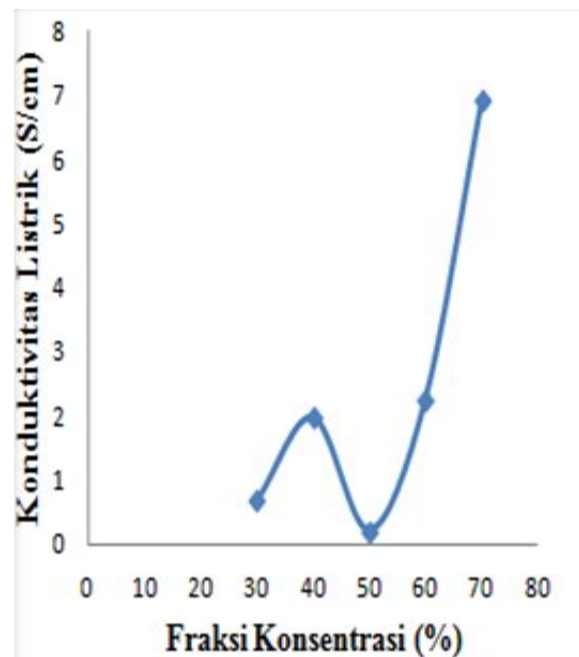
Berdasarkan Tabel 2 memperlihatkan hubungan antara konsentrasi terhadap nilai kapasitansi Fe₃O₄/PANi. Besarnya nilai kapasitansi lapisan

nanokomposit Fe₃O₄/PANi untuk fraksi konsentrasi 30%;40%;50%;60% dan 70% yaitu sebesar sebesar 5,4x10⁻¹¹F, 2,8 x10⁻¹¹F, 4,2 x10⁻¹¹F, 2,69 x10⁻¹⁰F, 1,6 x10⁻¹¹F.

Tabel 2. Nilai Kapasitansi Listrik Fraksi Konsentrasi lapisan nanokomposit Fe₃O₄/PANi.

Fraksi Konsentrasi (%)	C (Kapasitansi) (F)
30%	5,4x ⁻¹¹
40%	2,8 x ⁻¹¹
50%	4,2 x ⁻¹¹
60%	2,69 x ⁻¹⁰
70%	1,6 x ⁻¹¹

Grafik hubungan antara variasi fraksi konsentrasi terhadap konduktivitas listrik lapisan nanokomposit Fe₃O₄/PANi dapat dilihat pada Gambar 7.

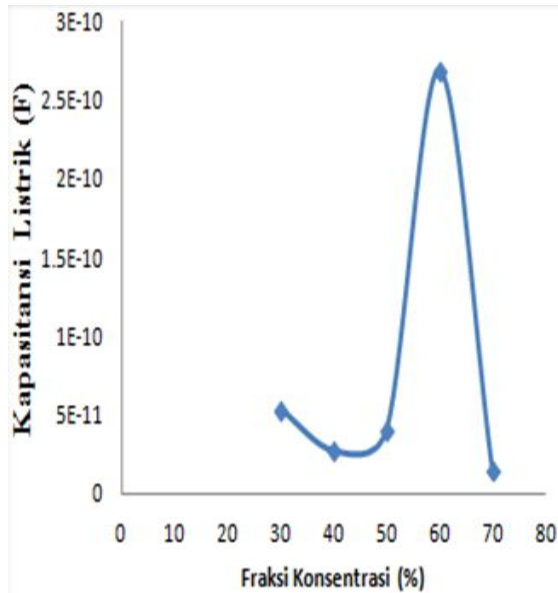


Gambar 7. Grafik Hubungan Fraksi Konsentrasi terhadap Nilai Konduktivitas Listrik Lapisan Nanokomposit Fe₃O₄/PANi

Berdasarkan Gambar 7 memperlihatkan grafik yang menyatakan hubungan antara fraksi konsentrasi terhadap nilai konduktivitas Fe₃O₄/PANi. Besarnya nilai konduktivitas lapisan nanokomposit Fe₃O₄/PANi untuk fraksi konsentrasi 30%;40%;50%;60% dan 70% yaitu sebesar 0,682065217 S/cm, 1,971864568 S/cm, 0,219972843 S/cm, 2,269636577 S/cm, 6,912181303 S/cm. Dari grafik dapat dilihat bahwa nilai konduktivitas

berturut-turut mengalami kenaikan dan puncak konduktivitas tertinggi yaitu sebesar $6,912181303$ S/cm pada fraksi konsentrasi 70%.

Grafik hubungan antara variasi fraksi konsentrasi terhadap kapasitansi listrik lapisan nanokomposit $Fe_3O_4/PANi$ dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Hubungan Fraksi Konsentrasi terhadap Nilai Kapasitansi Listrik Lapisan Nanokomposit $Fe_3O_4/PANi$

Berdasarkan Gambar 8 memperlihatkan grafik yang menyatakan hubungan antara konsentrasi terhadap nilai kapasitansi $Fe_3O_4/PANi$. Besarnya nilai kapasitansi lapisan nanokomposit $Fe_3O_4/PANi$ untuk fraksi konsentrasi 30%;40%;50%;60% dan 70% yaitu sebesar $5,4 \times 10^{-11}F$, $2,8 \times 10^{-11}F$, $4,2 \times 10^{-11}F$, $2,69 \times 10^{-10}F$, $1,6 \times 10^{-11}F$. Dari grafik dapat dilihat bahwa nilai kapasitansi berturut-turut mengalami kenaikan dan puncak kapasitansi tertinggi yaitu sebesar $2,69 \times 10^{-10}F$ pada fraksi konsentrasi 60%. Kemudian mengalami penurunan pada fraksi konsentrasi 70%.

Konduktivitas Listrik lapisan nanokomposit $Fe_3O_4/PANi$ untuk setiap variasi konsentrasi pada Gambar 7 memperlihatkan adanya pengaruh fraksi konsentrasi terhadap konduktivitas listrik lapisan yang dihasilkan. Konduktivitas listrik lapisan nanokomposit $Fe_3O_4/PANi$ yang ditumbuhkan meningkat seiring bertambahnya fraksi konsentrasi pada 30%;40%;50%;60% dan 70% dengan nilai konduktivitas berturut-turut yaitu sebesar $0,682065217S/cm$, $1,971864568 S/cm$, $0,219972843 S/cm$, $2,269636577S/cm$, $6,912181303 S/cm$. Hasil yang diperoleh sesuai dengan teori.

Hasil yang diperoleh menunjukkan nilai konduktivitas meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi (Rohman dan Subagio, 2013)^[20]. Penelitian yang dilakukan oleh Rohman dan Subagio (2013)^[20], dari uji konduktivitas

menunjukkan bahwa penambahan CNT pada komposit CNT-PVDF meningkatkan nilai konduktivitasnya. Pada prosentase massa CNT 2%, 4%, 6%, dan 8% konduktivitas mengalami peningkatan perlahan. Peningkatan konduktivitas yang tinggi diperoleh pada prosentase massa CNT 10% dengan konduktivitas sebesar $5,36 \times 10^{-3} S/cm$. Hal yang sama juga telah dilaporkan oleh Susana dan Astuti (2016)^[24] yaitu konsentrasi terhadap nilai konduktivitas listrik suatu bahan berbanding lurus semakin besar konsentrasi maka konduktivitas listrik pun akan semakin tinggi dan hasil penelitiannya mendapatkan konduktivitas sebesar $2,34 \times 10^{-6} S/cm$. Namun, hasil yang diperoleh Rohman dan Subagio (2013)^[20] serta Susana dan Astuti (2016)^[24] dibandingkan dengan hasil konduktivitas pada penelitian kami memperoleh hasil jauh lebih tinggi.

Gambar 8 memperlihatkan adanya pengaruh fraksi konsentrasi terhadap kapasitansi listrik lapisan yang dihasilkan. Kapasitansi listrik lapisan nanokomposit $Fe_3O_4/PANi$ yang ditumbuhkan meningkat seiring bertambahnya fraksi konsentrasi pada 30%;40%;50%;60% dan 70% dengan nilai kapasitansi berturut-turut yaitu sebesar $5,4 \times 10^{-11}F$, $2,8 \times 10^{-11}F$, $4,2 \times 10^{-11}F$, $2,69 \times 10^{-10}F$, $1,6 \times 10^{-11}F$. Hasil yang diperoleh sesuai dengan teori. Namun pada fraksi konsentrasi 70% mengalami penurunan kapasitansi.

Hal tersebut terjadi karena disebabkan adanya mekanisme interkalasi dan deinterkalasi pada ion lithium. Menurut (Subhan dan Prihandoko, 2011)^[23], dalam mengetahui kapasitas sel baterai tergantung pada aspek kimia permukaan yang bagus sehingga mekanisme interkalasi dan deinterkalasi terjadi dengan baik. Jika dibandingkan dengan hasil kapasitansi yang diperoleh oleh Susana dan Astuti (2016)^[24] $327,93 \times 10^{-6}F$, hasil yang kami peroleh paling besar yaitu $2,69 \times 10^{-10}F$ tetapi hasil ini lebih kecil dibandingkan dengan penelitian Susana dan Astuti (2016)^[24]. Hal ini disebabkan karena perbedaan sampel yang digunakan karena pada penelitian ini kami membuat sampel dalam bentuk lapisan tipis sedangkan pada penelitian Susana dan Astuti (2016)^[24] membuat sampel dalam bentuk pellet.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan nilai dari konduktivitas dan kapasitansi listrik dari lapisan nanokomposit $Fe_3O_4/PANi$. Besarnya nilai konduktivitas dan kapasitansi pada fraksi konsentrasi 30%;40%;50%;60% dan 70%, berturut-turut yaitu $0,682 \times 10^{-2} S/cm$, $1,97186 \times 10^{-2} S/cm$, $0,21997 \times 10^{-2} S/cm$, $2,2696 \times 10^{-2} S/cm$, $6,912 \times 10^{-2} S/cm$ dan $5,4 \times 10^{-11}F$, $2,8 \times 10^{-11}F$, $4,2 \times 10^{-11}F$, $2,69 \times 10^{-10}F$, $1,6 \times 10^{-11}F$. Dari hasil penelitian, semakin besar fraksi konsentrasi maka nilai konduktivitas dan kapasitansi juga semakin besar.

Agar dihasilkan lapisan nanokomposit yang lebih bagus lagi proses sol gel dilakukan dengan lebih baik yaitu larutan yang dihasilkan lebih kental sehingga pada proses pelapisan di atas substrat menggunakan spin coating lapisan lebih homogen dan lebih lengket.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bhushan, B. 2007. *Handbook of Nanotechnology*. Ohio State University. Columbus USA. hal. 316.
- [2] Cabana J, Monconduit L, Larcher D, dan Palacin R. 2010. Beyond Intercalation-Based Li-Ion Batteries: The State of the Art and Challenges of Electrode Materials Reacting Through Conversion Reactions. *Advanced Materials*. Vol. 22 hal. E170–E192.
- [3] Can. M. M., Ozcan, S., Ceylan A., Firat. T.. 2010. Effect of Milling Time on The Synthesis of Magnetite Nanoparticles by Wet Milling. *Materials Science and Engineering B*, Vol. 172 (2010), hal. 72–75.
- [4] Choi, J.W dan Aurbach, D. 2016. Promise and reality of post-lithium-ion batteries with high energy densities. *Nature Reviews Materials*. Vol. 1. hal. 1-16.
- [5] Darvina, Y, Rianto, D, Murti, F, Yulfriska, N, Ramli. 2017. Struktur Nano Partikel Oksida Besi dari Pasir Besi Pantai Tiram Sumatera Barat. *Prosiding Semirata Bidang Mipa*.
- [6] 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.
- [7] Ge, Y, Jiang, H, Zhu, J, Lu, Y, Chen, C, Hu, Y, Qiu, Y, dan Zhang, X. 2015. High Cyclability of Carbon-Coated TiO₂ Nanoparticles as Anode for Sodium-Ion Batterie. *Electrochimica Acta*, Vol. 157. hal. 142–148.
- [8] Giancoli, D.C. 2001. *Fisika*. Edisi Kelima. Jakarta : Erlangga.
- [9] Hidayat, A.S, Rokhmat, M., Qurthobi, A., 2014. *Pengaruh Suhu dan Kecepatan Putar Spin Coating Terhadap Kinerja Sel Surya Organik Berbahan Dasar TiO₂*. *Jurnal e- Procceding of Engineering*. Vol.1. No.1 Desember 2014 hal.147. ISSN : 2355-9365.
- [10] House, V. E. and Ross, F., 2007, “Anode“r” way” – Why the anode yields better result, *Altair nanotechnologies, (Altairnano) Inc*.
- [11] Husain, J, Pradeep, P, Raghu, N, Yadwad, A.M, Kamblee, P, Reddy, N, Sagar, J, Anjum, B, and Prasad, M.N.V. 2016. Synthesis Conductivity and Sensitivity Studies of Polyaniline- Iron Oxide nanocomposites. *Ferroelectrics* 505. pp. 229–235.
- [12] Irzaman, A Maddu, H Syafutra, dan A Ismangil. 2010. Uji Konduktivitas Listrik Dan Dielektrik Film Tipis Lithium Tantalate (LiTaO₃) Yang Didadah Niobium Pentaoksida (Nb₂O₅) Menggunakan Metode Chemical Solution Deposition. *Prosiding Seminar Nasional Fisika 2010* ISBN : 978-979-98010-6-7.
- [13] Isac, L. Duta, A., Kriza, A., Manolache, S., Nanu, M. 2007. Copper Sulfides obtained by spray pyrolysis possible absorbers in solid-state solar cells. *Journal Thin Solid Films, Elsevier*.5755-5758.
- [14] Liu, C, Li, F, Ma, L-P, dan Cheng, H.M. 2010. Advanced Materials for Energy Storage. *Advanced Materials*. Vol. 22. Hal. E28-E62.
- [15] Prisma, A.J.P., Djoko, D.J. H.S., dan Masrurroh. 2014. Pengaruh Konsentrasi dan Viskositas Larutan Polistirene terhadap Morfologi Permukaan dan Ketebalan Lapisan ZnPc pada Permukaan QCM. *Jurnal fisika Universitas Brawijaya*.
- [16] Ramli, Hartono, A., Sanjaya, E., Aminuddin, A., Khairurrijal, Haryanto, F., Imawaan, C., Djamal M. 2016. A Novel Ternary CoFe₂O₄/CuO/CoFe₂O₄ as a Giant Magnetoresistance Sensor. *Journal Mathematical and Fundamental Sciences* Vol. 48, No. 3, 230- 240
- [17] Ramli, Jonuarti, R., Hartono, A. 2017 Analisis Struktur Nano dari Lapisan Tipis cobalt Ferrite Yang Dipreparasi dengan Metode Sputtering. *Eksakta* Vol. 18 No. 1.
- [18] Riaz, S., Ashraf, Robina, Akbar, A., Nassem, S.2014. “ Free Growth of Iron Oxide Nanostructures by Sol-Gel Spin Coating Tchnique-Structural and Magnetic Properties.” *Jurnal IEE Transactions On Magnetics*. Vol 50 No.8 Agustus 2014
- [19] Rohman, Fadli. 2012. Aplikasi graphene untuk baterai Litium ion. *Jurnal ITB Bandung*.
- [20] Rohman, M., Subagio, A., Studi Karakteristik Kelisstrikan Komposit Karbon Nanotube-Polyvinilidene-Flouride (CNT-PVDF). *Youngster Physics Journal*.Vol.1 No.3, April 2013 Hal 35-40.
- [21] Rustami, S. 2008. Sistem Kontrol Kecepatan Putar *Spin Coating* Berbasis Mikrokontroler ATmega8535. *Jurnal Fisika IPB*.
- [22] Shinde.V.R et. al. 2007. “Studies on growth of ZnO thin films by a novel chemical method”. *Solar energy Material & Solar Cell*. 91, 1055-1061.
- [23] Subhan, A., dan Prihandoko, B. 2011. Pembuatan Komposit Anoda Li₄Ti₅O₁₂ dan Soda Lime Silica. *Jurnal Ilmu Teknologi TELAAH*,Vol. 29, 27-36 Mei 2011.
- [24] Susana, H, dan Astuti. 2016. Pengaruh Konsentrasi LiOH terhadap Sifat Listrik Anoda Baterai Litium Berbasis Karbon Aktif Tempurung Kemiri. *Jurnal Fisika Unand*. Vol. 5. No 2 ISSN 2302-8491.
- [25] Wigayati, E.M., Pembuatan Dan Karakterisasi Lembaran Grafit untuk Bahan Anoda pada

- Baterai Padat Lithium. *Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia*, Vol.9 No.1 , 70-78 Juni 2009.
- [26] Zhou, X, Dai, Z, Liu, S, Bao, J, dan Guo, Y.G. 2014. Ultra-Uniform SnO_x/Carbon Nanohybrids toward Advanced Lithium-Ion Battery Anodes. *Advanced Materials*. Vol. 26. hal. 3943–3949.