

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

SKRIPSI

Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Sains



Oleh :

**FILDZAH RUDYAH PUTRI NURZAM
NIM 14034015/2014**

**PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2018**

PERSETUJUAN SKRIPSI

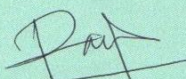
**PENGARUH KOMPOSISI CoFe_2O_4 TERHADAP SIFAT LISTRIK
NANOKOMPOSIT $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANI}$ YANG DISINTESIS DENGAN
METODE SOL GEL**

Nama : Fildzah Rudyah Putri Nurzam
NIM : 14034015
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 5 November 2018

Disetujui oleh:

Pembimbing I



Dr. Ramli, M.Si
NIP. 19730204 200112 1 002

Pembimbing II



Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si
NIP. 19690120 199303 2 002

Ketua Jurusan



Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si
NIP. 19690120 199303 2 002

HALAMAN PENGESAHAN

Nama : Fildzah Rudyah Putri Nurzam
NIM : 14034015
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

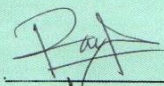
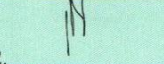
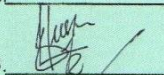
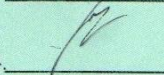
Dengan judul

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

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 5 November 2018

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Dr. Ramli, M.Si	1. 
Sekretaris	: Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si	2. 
Anggota	: Dr. Desnita, M.Si	3. 
Anggota	: Drs. Gusnedi, M.Si	4. 

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis saya yang berjudul “Pengaruh Komposisi CoFe_2O_4 Terhadap Sifat Listrik Nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ yang Disintesis dengan Metode Sol Gel”, adalah karya saya sendiri;
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali pembimbing;
3. Karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasi orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas tercantum pada keputusan;
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila terdapat penyimpangan di dalam penelitian ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa gelar yang telah diperoleh karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Padang, 5 November 2018

Yang membuat pernyataan



Fildzah Rudyah P.N

NIM. 14034015

ABSTRAK

Fildzah Rudyah Putri Nurzam: Pengaruh Komposisi CoFe_2O_4 Terhadap Sifat Listrik Nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ yang Disintesis Dengan Metode Sol-Gel

Salah satu aplikasi divais elektronik yang menarik untuk dikembangkan saat ini yaitu superkapasitor. Material komposit dijadikan sebagai material pembuatan elektrode pada superkapasitor. Nanokomposit merupakan suatu material yang dibuat dari pencampuran dua kombinasi antara matriks dan filler. Filler yang digunakan pada penelitian ini yaitu CoFe_2O_4 dan matriks yang digunakan sebagai polimer yaitu PANi. PANi memiliki sifat konduktif yang baik sehingga dapat menghantar arus listrik. Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu untuk menyelidiki pengaruh variasi komposisi CoFe_2O_4 dan PANi terhadap kapasitansi nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. CoFe_2O_4 dibuat menggunakan metoda sol-gel dengan precursor $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Setelah itu dibuat nanokomposit dengan berbagai variasi komposisi dengan metoda sol-gel. Dalam penelitian ini variasi komposisi yang digunakan adalah 20%, 30%, 35%, 40% dan 50%. Karakterisasi sifat listrik dari nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ kapasitansi menggunakan alat LCR meter.

Nilai kapasitansi dari nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ yang didapatkan adalah 12,2 nF, 11,2 nF, 10,8 nF, 20,1 nF, 9,3 nF. Dapat disimpulkan semakin besar variasi konsentrasi CoFe_2O_4 maka kapasitansi yang didapatkan semakin menurun.

Kata kunci : $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$, Kapasitansi, Nanokomposit, Sifat Listrik Sol-Gel.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran ALLAH SWT, yang telah memberikan Rahmat dan Nikmat-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “ **Pengaruh Komposisi CoFe_2O_4 terhadap Sifat Listrik Nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ yang disintesis dengan Metode Sol-Gel** “ Shalawat dan salam kita mohonkan kepada ALLAH semoga disampaikan kepada Nabi Muhammad SAW.

Skripsi merupakan salah satu persyaratan untuk mendapatkan Gelar Sarjana Sains di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang. Penelitian skripsi merupakan bagian dari peneritian bapak Dr. Ramli, M.Si, dkk yang berjudul: Pengembangan Nano Komposit MFe_2O_4 ($\text{M}=\text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}$) dalam Poly Vinilidene Flouride untuk Aplikasi Divais Spintronika yang Fleksibel dengan skim Penelitian Berbasis Kompetensi nomor kontrak: 074/SP2H/LT/DRPM/2018.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membimbing dan membantu dalam menyelesaikan skripsi ini. Terimakasih penulis ucapkan kepada.

1. Bapak Dr. Ramli, S.Pd, M.Si selaku Pembimbing 1 dan Pembimbing Akademik di Jurusan Fisika Universitas Negeri Padang.
2. Ibu Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si selaku pembimbing II dan Ketua Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang.

3. Ibu Syafriani, M.Si, Ph.D sebagai Ketua Prodi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
4. Ibu Dr. Desnita, M.Si, selaku penguji yang telah memberikan masukan kepada penulis.
5. BapakDrs. Gusnedi, M.Si, selaku penguji yang telah memberikan masukan kepada penulis.
6. Bapak Yohandri, M.Si, Ph.D sebagai sekretaris Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang.
7. Bapak dan Ibu staf pengajar serta staf administrasi dan Laboran Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Padang.
8. Kedua orangtua,kakak-kakak dan keluarga besar yang selalu mendukung penulis baik dalam bentuk morak maupun materi.
9. Rekan-rekan sepenelitian ami, yani, rigis, helmita dan kak dila yang telah membantu sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
10. Terutama teman-teman angkatan 2014 yang telah banyak membantu.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dan keterbatasan dalam skripsi ini. Oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini.

Padang, Oktober 2018

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Batasan Masalah.....	5
C. Rumusan Masalah	5
D. Tujuan Penelitian	6
E. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Tinjauan Bahan $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$	7
B. Nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$	9
C. Metode Sol-Gel	11
D. Sifat listrik bahan	13
E. Superkapasitor.....	15
F. X-ray Diffraction (XRD).....	17
G. LCR Meter	20
BAB III METODE PENELITIAN	21
A. Jenis Penelitian.....	21
B. Waktu dan Tempat Penelitian	21
C. Variabel Penelitian	21
D. Prosedur Penelitian.....	22
E. Pelaksanaan Penelitian	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	44

A. Hasil Penelitian	44
B. Pembahasan.....	68
BAB V. PENUTUP	72
A. Kesimpulan	72
B. Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN	79

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data Tiap Puncak Intensitas Signifikan Pola.....	45
Tabel 2. Data Tiap Puncak Intensitas Signifikan Pola Difraksi Nanokomposit CoFe ₂ O ₄ /PANi 30%.....	47
Tabel 3. Data Tiap Puncak Intensitas Signifikan Pola Difraksi Nanokomposit CoFe ₂ O ₄ /PANi 35%.....	49
Tabel 4. Data Tiap Puncak Imtensitas Signifikan Pola Difraksi Nanokomposit CoFe ₂ O ₄ /PANi 40%.....	50
Tabel 5. Data Tiap Puncak Intensitas Signifikan Pola Difraksi CoFe ₂ O ₄ /PANi 50% ..	52
Tabel 6. Data Hasil Pengukuran Sifat Listrik Nanokomposit CoFe ₂ O ₄ /PANi dengan berbagai variasi dengan LCR meter.....	58
Tabel 7. Data Ukuran Kristal Dari Hasil Perhitungan terhadap.....	61
Tabel 8. Data hasil pengujian sifat listrik nanokomposit CoFe ₂ O ₄ /PANi dengan berbagai variasi komposisi.....	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Skema Alat Difraksi Sinar-X	19
Gambar 2. Bentuk alat XRD	23
Gambar 3. High Energi Milling	23
Gambar 4. Spin coating.....	24
Gambar 5. LCR meter digital.....	25
Gambar 6. Alat SEM HITACHI S3400 M.....	25
Gambar 7. Magnet permanen.....	26
Gambar 8. Strika	26
Gambar 9. Timbangan digital	27
Gambar 10. Cawan.....	27
Gambar 11. Penyaring 100 mesh	28
Gambar 12. Lumpang dan Alu.....	28
Gambar 13. Magnetic stirrer	29
Gambar 14. Gelas Beker	29
Gambar 15. Spatula.....	30
Gambar 16. Termometer	30
Gambar 17. Bijih Besi.....	31
Gambar 18. Aquabidest.....	31
Gambar 19. Tepung.....	32
Gambar 20. Etylen Gylcol	32

Gambar 21. Larutan NaOH.....	33
Gambar 22. Polyanilin	33
Gambar 23. Asam Oksalat	34
Gambar 24. Cobalt	34
Gambar 25. Asam Sitrat.....	35
Gambar 26. Polyetylen Glycol.....	35
Gambar 27. Amonium Persulfat	36
Gambar 28. Diagram Alir Penelitian	43
Gambar 29. Pola Difraksi Nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ dengan variasi 20%	45
Gambar 30. Pola Difraksi Nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ 30%	46
Gambar 31. Pola Difraksi Nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ 35%	48
Gambar 32. Pola Difraksi Nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ 40%	50
Gambar 33. Pola difraksi nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ dengan variasi 50%.....	51
Gambar 34. Data FTIR Nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$	53
Gambar 35. Hasil Pencitraan ketebalan dari nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ 20% menggunakan SEM	54
Gambar 36. Hasil Pencitraan Ketebalan dari Nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ 30% menggunakan SEM	55
Gambar 37. Hasil Pencitraan Ketebalan Dari Nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ 35% menggunakan SEM	55
Gambar 38. Hasil pencitraan ketebalan dari nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ 40% menggunakan SEM	56

Gambar 39. Hasil Pencitraan Ketebalan dari Nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ 50% menggunakan SEM	57
Gambar 40. Pola Difraksi XRD dengan Variasi Komposisi	63
Gambar 41. Hasil Pencitraan Ketebalan Variasi Komposisi menggunakan SEM (a)20% (b)30% (c) 35% (d) 40% (e) 50%	64
Gambar 42. Hubungan antara Variasi Fraksi konsentrasi terhadap nilai Kapasitansi $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$	67

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data hasil analisis XRD untuk ukuran kristal	79
Lampiran 2. Data base hasil XRD nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$	81

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

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 (Agus& Eko,2008). Menurut Ratna Wulan (2013) dalam penelitiannya 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%.

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 (Yulianto, dkk. 2003). 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 (Komotina, 2004). 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 menyebabkan 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 (Ramli,dkk.2017). Menurut Setiadi,dkk(2013) salah satu bentuk material nanopartikel yang banyak diteliti saat ini yaitu nanopartikel CoFe_2O_4 .

Nanopartikel CoFe_2O_4 berpotensi memiliki sifat superparamagnetik yang baik (Del Castillo,2005). 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 (Setiadi,dkk.2013). Pada lapisan tipis CoFe_2O_4 telah dikembangkan sebagai penyusun material seperti penyusun pembuat sensor giant magnetoresistance (Djamal,2015 ; Ramli,2016). Pada penelitian multiferroic Lapisan tipis CoFe_2O_4 berperan sebagai komponen penting dalam multilayers atau komposit (Etier,2015).

Salah satu bentuk nano-teknologi yang digunakan dalam ilmu bahan material yaitu bahan nanokomposit. Nanokomposit merupakan bahan yang dibuat dari campuran serbuk yang berukuran nanopartikel. Nanokomposit akan memperlihatkan sifat-sifat baru yang lebih unggul dibandingkan dengan bahan-bahan penyusunnya (Yunasfi,dkk.2015). Hal ini merupakan salah satu

keunggulan utama dari perkembangan dunia nano-teknologi (Li Q dkk., 2007). Nanokomposit merupakan suatu material yang membentuk dua kombinasi yaitu matrik sebagai penguat dan filler (Erika dkk,2012). Nanokomposit merupakan bahan yang dibuat dari pencampuran serbuk yang berukuran nanopartikel.

Menurut Kim (2004) telah melakukan penelitian bahwa bahan komposit ini menjadi bahan yang berguna untuk diaplikasikan pada elektromagnetik didalam bentuk lapisan tipis. 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 (Fitria dkk, 2017). 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 (Maddu dkk,2008).

Superkapasitor adalah kapasitor *double layer*, energi disimpan oleh transfer muatan pada batas antara elektroda dan elektrolit (Jayalakshmi,2008). Superkapasitor sebagai alat penyimpan energi, yang telah digunakan secara luas

pada bidang elektronik dan transportasi (Xin,2004). Superkapasitor memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan baterai dan kapasitor konvensional, diantaranya adalah waktu hidup yang lebih lama, prinsip dan modelnya sederhana, serta waktu pengisian yang singkat, aman dan memiliki rapat dayayang tinggi yaitu 10-100 kali lipat lebih besar (Jayalakshmi,2008). Salah satu bahan yang memiliki peluang besar dalam pembuatan superkapasitor adalah nanomaterial CoFe_2O_4 , TiO_2 dan *carbon*.

Aplikasi superkapasitor merupakan perangkat divais penyimpan energi yang digunakan untuk aplikasi yang melibatkan kebutuhan daya besar (Miller & Burke,2008). 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 kapasitas yang lebih tinggi (Jayalakshmi,2008). Superkapasitor memiliki beberapa keunggulan yaitu waktu hidup yang lebih lama, prinsip dan modelnya sederhana, waktu recharge yang pendek serta aman dalam penggunaannya (Kots & Bartschi,2002). Superkapasitor mempunyai nilai kapasitansi lebih dari 5 F/cm^2 (Sahay,2009), dan menurut Ganesh (2006) 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* (Sari,2014), dan perlu dikembangkan untuk mendapatkan elektroda karbon dengan nilai kapasitansi spesifik yang tinggi dan

densitas terbaik untuk aplikasi superkapasitor. Menurut Burke (2000) mengatakan yang menjadi faktor utama yang mempengaruhi nilai kapasitansi selain ketebalan elektroda adalah densitas, semakin besar densitas maka semakin besar pula tahanan transfer arus pada bidang batas elektrolit dan elektroda sehingga akan mengurangi nilai kapasitansi.

Berdasarkan latar belakang diatas maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Komposisi CoFe_2O_4 Terhadap Sifat Listrik Nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ Yang Disintesis Dengan Metode Sol-Gel “.

B. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan untuk menghindari adanya pembahasan diluar materi dalam mengerjakan penelitian ini maka peneliti membatasi masalah yang dikaji. Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sifat listrik yang dikaji yakni kapasitansi, hal ini sesuai dengan aplikasi nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ sebagai superkapasitor.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah, maka dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu bagaimana pengaruh komposisi CoFe_2O_4 terhadap sifat listrik nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ yang disintesis dengan metode *sol-gel*.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu untuk dapat mengetahui pengaruh komposisi CoFe_2O_4 terhadap sifat listrik dari nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ yang disintesis dengan metoda *sol- gel*.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Bagi Peneliti, sebagai syarat untuk menyelesaikan Program Studi Fisika S1 dan pengembangan diri dalam bidang kajian fisika.
2. Kelompok kajian Fisika Material dan Biofisika dapat memberikan ilmu pengetahuan dalam pengembangan pembuatan materil berbasis nanokomposit.
3. Peneliti lain, sebagai referensi dalam pengembangan penelitian tentang material dalam nanokomposit dan dapat menjadi sumber ide bagi peneliti lainnya.
4. Pembaca, untuk menambah pengetahuan dan memperluas wawasan dalam bidang kajian material serta dalam pengembangan aplikasi dalam berbagai bidang.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Bahan $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANI}$

1. Cobalt Ferrite (CoFe_2O_4)

Diantara material *spinel ferrite*, Cobalt Ferrite (CoFe_2O_4) merupakan material *spinel ferrite* yang paling menarik karena memiliki anisotropy *magnetocrystalline* yang tinggi, merupakan hard magnetik dengan koersivitas tinggi, dan magnetisasi saturasi yang sedang (Zhao,2007). 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 (Suhendra,2011). 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 (M. P. Tamhankar dkk,2011), cairan magnetik, katalis, dan pada aplikasi lainnya.

CoFe_2O_4 memiliki potensi untuk diaplikasikan pada bidang biomedis apabila memiliki distribusi ukuran yang sempit, kemagnetan saturasi relatif tinggi dan sifat superparamagnetik pada suhu kamar (Li dkk,2010). Nanopartikel CoFe_2O_4 merupakan material magnetik yang memiliki multifungsional yang penting tidak hanya sifat kemagnetannya tetapi juga untuk aplikasi dalam biomedis dan katalis, yang bergantung pada tekstur dan karakteristik

morfologinya. Nanopartikel CoFe_2O_4 mempunyai sifat fisika dan kestabilan kimia yang baik, yang telah digunakan pada produksi magnet permanen, perekaman (magnetic recording) seperti sebagai audio dan videotape serta keping perekaman digital dengan kerapatan tinggi (high-density digital recording disks), fluida magnetik (magnetic fluids), dan katalis. Banyak macam metode yang digunakan untuk sintesis nanopartikel CoFe_2O_4 seperti kopresipitasi, mikroemulsi, thermal decomposition, teknik hidrotermal, sol gel, sonokimia, poliol, dan metode lainnya.

2. Polianilin (PANi)

Anilin merupakan salah satu senyawa yang termasuk dalam kelompok amina. Polianilin termasuk polimer yang berasal dari polimerisasi anilin. Polianilin merupakan jenis polimer konduktif yang terbentuk dari monomer anilin ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$) (Kartati, 2009). Polianilin merupakan material yang digunakan sebagai lapisan aktif sensor dan memiliki sensitivitas tinggi (T, Jasalesmana, dkk, 2012). Molekul anilin terbentuk seperti heterosiklik enam sisi dengan amina yang merupakan salah satu substansi sebagai pembentuknya. Ikatan kimia pada molekul anilin yaitu ikatan kovalen dengan tiga buah ikatan rangkap (Setianingsih, 2014).

Polianilin memiliki sifat yang mirip dengan beberapa logam. Polianilin juga memiliki sifat yang fleksibel. PANi memiliki aplikasi lainnya yaitu untuk electromagnetic shielding, pelapisan anti korosif (Brusic V, dkk. 1997) dan PANi

merupakan bahan yang mudah disintesis, beroperasi di suhu ruang dan relatif stabil dilingkungan (Liao Y Z,dkk,2011).

Polianilin termasuk tipe polimer yang unik karena bersifat semikonduktor. polianilin juga dapat diaplikasikan pada skala yang luas, mulai dari penggunaannya yang bersifat non-konduktif seperti insulation(penyekatan) sampai bersifat highly konduktive penggunaannya pada hal-hal yang berhubungan dengan listrik.Polianilin juga dapat diaplikasikan dengan berbagai teknologi fungsional seperti sensor kimia, sensor gas,piranti elektrokromik, sel fotovoltonik, LED polimer,dan baterai sekunder (Prasanna,2014) karena sifatnya yang mudah dikombinasikan dengan polimer lainnya.

B. Nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANI}$

Bahan komposit terdiri dari dua atau lebih bahan yang berbeda kemudian digabung atau di campur secara makroskopis menjadi bahan yang berguna. Bahan komposit merupakan bahan pengabungan secara makro, bahan komposit dapat diartikan sebagai suatu sistem material yang tersusun dari campuran/kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utama yang secara makro berbeda didalam bentuk atau komposisi material yang pada dasarnya tidak dapat dipisahkan (Schwartz,1984).Nanokomposit merupakan material padat multi fase, dimana setiap fase memiliki satu,dua, atau tiga dimensi yang kurang dari 100 nanometer (nm) (Chung,2001), atau struktur padat dengan dimensi berskala nanometer yang berulang pada jarak antar bentuk penyusun struktur yang

berbeda. Nanokomposit dibuat dengan menyisipkan nanopartikel (nanofiller) kedalam sebuah material makroskopik (matriks). Pencampuran nanopartikel didalam matriks sebagai penyusun merupakan bagian perkembangan didalam dunia nanoteknologi (Chitriningrum, 2008). Material-material dengan jenis seperti itu terdiri dari atas padatan anorganik yang tersusun atas komponen organik. Contoh nanokomposit yang ekstrem adalah media berporos, koloid, gel, dan kopolimer. Nanokomposit dapat ditemukan di alam contohnya adalah kulit tiram dan tulang .

Nanokomposit merupakan material yang dibuat dengan menyisipkan nanopartikel yang bertindak sebagai filler didalam sebuah matriks. Nanokomposit tersebut menghasil pencampuran dari sejumlah fase yang berbeda-beda. Pembuatan material nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PAN}$ 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 pmbatan 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, Materialnanokomposit menunjukkan perbedaan sifat mekanik, listrik, optik, elektrokimia, katalis, dan struktur dibandingkan dengan material penyusun lainnya (Hadiyawarman, 2008).

C. Metode Sol-Gel

Metode sol gel merupakan salah satu metode yang paling sukses dalam mempreparasi material oksida logam berukuran nano. Sol adalah suspensi koloid yang fasa terdispersinya berbentuk padat dan fasa pendispersinya berbentuk cairan. Suspensi dari partikel padat atau molekul-molekul koloid dalam larutan, dibuat dengan metal alkoksida dan dihidrolisis dengan air, menghasilkan partikel padatan metal hidroksida dalam larutan, dan reaksinya adalah reaksi hidrolisis (Paveena *et al*, 2010).

Gel (*gelation*) merupakan jaringan partikel atau molekul, pada padatan dan cairan, dimana polimer yang terjadi didalam larutan akan digunakan sebagai tempat pertumbuhan zat anorganik. Pertumbuhan anorganik terjadi di gel point, dimana energi ikat lebih rendah. Reaksinya berupa reaksi kondensasi, baik alkohol atau air, yang menghasilkan oxygen bridge (jembatan oksigen) untuk mendapatkan metal oksida (Paveena *et al*, 2010). Metoda sintesis menggunakan sol-gel untuk material berbasis oksida sangat berbeda-beda bergantung prekursor dan bentuk produk akhir, baik itu berupa powder, film, aerogel, atau serat.

Metode sol-gel juga dikenal sebagai salah satu metode sintesis nanopartikel yang cukup sederhana dan mudah. Metode ini merupakan salah satu “*wet method*” atau metode basah karena pada prosesnya melibatkan larutan mengalami perubahan fase menjadi sol (koloid yang mempunyai padatan tersuspensi dalam larutannya) dan kemudian menjadi gel (koloid tetapi mempunyai fraksi solid yang lebih besar daripada sol) (Phumying *et al*,2010). Proses sol-gel sendiri didefinisikan sebagai proses pembentukan senyawa anorganik melalui reaksi kimia dalam larutan pada suhu rendah dimana dalam proses tersebut terjadi perubahan fasa dari suspensi koloid (sol) membentuk fasa cair kontinu (gel).

Metode sol-gel memiliki beberapa keuntungan yaitu tingkat stabilitas termal yang baik, stabilitas mekanik yang tinggi, daya tahan pelarut yang baik, modifikasi permukaan dapat dilakukan dengan berbagai kemungkinan (Rahma,2008). Prekursor atau bahan awal dalam pembuatannya adalah alkoksida logam dan klorida logam yang kemudian mengalami reaksi hidrolisis dan reaksi polikondensasi untuk membentuk koloid yaitu suatu sistem yang terdiri dari partikel-partikel padat (ukuran partikel antara 1 nm sampai 1 μm) yang terdispersi dalam suatu pelarut. Bahan awal atau prekursor dapat disimpan didalam suatu substrat untuk membentuk film (seperti *dip-counting* atau *spin counting*), kemudian dimasukkan ke dalam suatu container yang sesuai dengan bentuk yang diinginkan contohnya untuk menghasilkan suatu keramik monolitik,

gelas, fiber atau serat, membrane, aerogel, atau juga untuk mensistesis bubuk baik butiran mikro maupun nano (Peveena *et al*, 2010).

Struktur dan ukuran gel yang dihasilkan tergantung pada rumusan kimia dan prosedur preparasi pembuatan sol hingga titik gel serta jalannya proses *aging*, pengeringan dan pemanasan gel. Proses *aging* dilakukan dengan cara mendiamkan gel untuk mengubah sifatnya agar lebih kaku, kuat, dan penyusut (Pataya, 2016).

D. Sifat listrik bahan

Sifat listrik suatu bahan dapat diketahui dengan melihat nilai konduktivitas (σ) dan resistivitas (ρ). Resistivitas dan konduktivitas adalah suatu besaran yang menggambarkan baik buruknya suatu bahan menghantarkan listrik (Suyoso, 2003).

1. Resistivitas

Karakterisasi sifat listrik bahan, yaitu konduktivitas dan resistivitas (Gutierrez, dkk., 2002). Menurut Tyas (2017) Resistivitas merupakan 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. Nilai resistivitas berbanding terbalik dengan nilai konduktivitasnya (Suyoso, 2003).

Resistivitas atau resitansi bahan adalah kecenderungan bahan untuk menghambat aliran arus listrik, yang berguna untuk menentukan sifat ohmik dan non ohmik dari suatu bahan (Malvino,1985). Resistivitas yaitu kemampuan suatu bahan untuk menghambat arus listrik yang bergantung terhadap besarnya medan listrik dan kerapatan arus. Semakin besar resistivitas suatu bahan maka semakin besar medan listrik yang digunakan untuk menimbulkan sebuah kerapatan arus Resistivitas (ρ) dapat dihitung dari pengukuran rapat pembawa muatan dan mobilitas (Mafahir, 2015).

Berdasarkan resistansi dari material diketahui sebanding dengan panjang kawat dan berbanding terbalik dengan luas penampang.

2. Kapasitansi

Kapasitansi merupakan kemampuan kapasitor untuk menyimpan muatan listrik (Reitz,1979). Besarnya muatan total yang tersimpan dalam kapasitor memenuhi persamaan :

$$C = Q V \quad (1)$$

Dimana : C = kapasitansi V= beda potensial elektroda

Kapasitas energi kapasitor ditentukan oleh jumlahnya muatan yang disimpan dan berpotensi untuk pengisian antar plat nya. Kapasitansi menyatakan kemampuan dari suatu kapasitor untuk mendapat menampung muatan listrik (Tipler,1996). Kapasitansi bergantung pada ukuran dan bentuk konduktor dan

akan bertambah bila ada sebuah material pengisolasi atau dielektrik (Young dan Freedman,2003).

Menurut Yanuar dkk (2010) Pengaruh Ketebalan Elektroda terhadap nilai kapasitansi Spesifik dan Retained Ratio serbuk gergaji kayu untuk pembuatan superkapasitor menyimpulkan bahwa kenaikan nilai kapasitansi spesifik yang signifikan pada ketebalan 0,5-0,6 mm yaitu sebesar 111,39 F/gr dan 97,00 F/gr. Penelitian dari (Kumar dkk,2016) Multiferroic and magnetoelectric properties of $\text{Ba}_{0,85}\text{Ca}_{0,15}\text{Zr}_{0,1}\text{Ti}_{0,9}\text{O}_{0,3}\text{-CoFe}_2\text{O}_4$ Core Shell Nanocomposite menyimpulkan pada frekuensi rendah didapatkan nilai kapasitansi tinggi yaitu 20 pF dan 22 pF kerana ukuran butir yang diberikan pada sampel.

E. Superkapasitor

Superkapasitor adalah kapasitor *double layer*, energi disimpan oleh transfer muatan pada batas antara elektroda dan elektrolit. Ketika komposit logam oksida dan karbon digunakan sebagai elektroda untuk superkapasitor, mekanis penyimpanan termasuk kapasitansi lapisan ganda (*double layer capacitance*) dan *pseudocapacitance*, sehingga menghasilkan kapasitansi yang lebih tinggi (Jayalakshmi,2008)

Superkapasitor memiliki sifat yang melengkapi kekurangan dari baterai dan kapasitor konvensional. Baterai memiliki rapat energi yang sangat tinggi, namun demikian memiliki rapat daya yang sangat rendah. Sedangkan kapasitor konvensional pada umumnya memiliki rapat daya yang sangat tinggi namun

rapat energi sangat rendah. Superkapasitor menghasilkan rapat daya tinggi serta rapat energi yang tinggi. Rapat daya berhubungan dengan “kekuatan” (jumlah wat) kombinasi dari arus volt, sedangkan rapat energi berhubungan dengan waktu pemakaian. Posisi superkapasitor, dibandingkan dengan baterai dan kapasitor konvensional.

Divais superkapasitor terdiri dari bagian elektroda, separator, elektrolit dan pengumpul muatan. Kategori bahan utama elektroda digunakan dalam EDLC yaitu karbon, polimer dan oksida logam (Sullivan dkk, 2000). Untuk oksida logam seperti CuO_2 mempunyai kapasitansi lebih besar 700 F/g (Yoon, 2000) tetapi bahan ini terlalu mahal. Polimer juga sebagai bahan elektroda untuk EDLC (Gottersfeld dkk, 1995), tetapi dalam polimer, gerakan ion dalam pori agak lambat dan stabilitasnya berubah-ubah. Oleh karena itu, banyak kapasitor yang tersedia sekarang dari bahan-bahan karbon yang digunakan untuk elektroda logam oksida.

Pada penelitian sebelumnya, untuk oksida logam seperti CuO_2 mempunyai kapasitansi lebih besar dari 700 F/g (Yoon, 2000) tetapi bahan ini terlalu mahal. Polimer juga adalah sebagai bahan elektroda untuk EDLC (Gottersfeld dkk, 1995), tetapi dalam polimer, gerakan ion dalam pori agak lambat dan stabilitasnya berubah-ubah. Karbon dengan luas permukaan tinggi adalah bahan elektroda EDLC tidak mahal dengan kapasitansi diatas 100 F/g (Baertschi, dkk 2004).

Sifat listrik untuk PANi menurut penelitian Susmita,2013 Analisis Sifat Listrik Komposit Polianilin (PANi) terhadap Penambahan Bottom ASH sebagai Elektron Superkapasitor didapatkan nilai konduktivitas yaitu $21,14 \times 10^{-4} \text{ S/cm}$. Nilai konduktivitas yang diperoleh pada penelitian Susmita telah memenuhi nilai konduktivitas listrik sebagai aplikasi superkapasitor.

F. X-ray Diffraction (XRD)

Difraksi sinar-X atau yang dikenal dengan XRD adalah alat yang digunakan untuk menentukan struktur dan pengenalan bahan-bahan baik keramik, logam, gelas maupun komposit. Teknik dasar XRD digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi untuk mendapatkan ukuran partikel (Widhyastuti dkk,2009).

Difraksi sinar-X oleh sebuah material terjadi akibat dua fenomena pertama hamburan oleh tiap atom dan kedua interferensi gelombang-gelombang oleh tiap atom-atom tersebut. Interferensi ini terjadi karena gelombang-gelombang yang dihamburkan oleh atom memiliki koherensi dengan gelombang datang dan demikian pula dengan mereka sendiri (Pratapa,2004). Apabila suatu bahan dikenai Sinar-X maka intensitas Sinar-X yang ditransmisikan lebih kecil dari intensitas sinar datang. Hal ini disebabkan adanya penyerapan oleh bahan dan juga penghamburan oleh atom-atom dalam material tersebut. Berkas sinar yang

dihantarkan tersebut ada yang saling menghilang karena fasenya berbeda dan ada juga saling menguatkan karena fasenya sama.

Sinar-x merupakan salah satu bentuk radiasi elektromagnetik yang mempunyai energi antara 200 eV- 1 MeV dengan panjang gelombang antara 0,5-2,5 Å. Panjang gelombangnya hampir sama dengan jarak antar atom dalam kristal, menyebabkan sinar-X menjadi salah satu teknik dalam analisa mineral (Suryanarayana dan Norton, 1998). Menurut Rosana (2003) dalam buku yang berjudul Konsep Dasar Fisika Modern mendefinisikan sinar-x adalah gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang yang sangat pendek, sekitar 1 Angstrom.

Sinar x ditemukan oleh Rontgen pada tahun 1895 secara tidak sengaja ketika sedang bekerja menggunakan tabung-tabung Geiger. Suatu geram bariun yang dekat dengan tabung itu ternyata berfosforisensi. Rontgen berkesimpulan bahwa penyebab fosforisensi itu adalah suatu sinar tak tampak yang dipancarkan oleh anoda tabung Geiger.

Prinsip kerja XRD secara umum yaitu, XRD terdiri dari tiga bagian utama, yaitu tabung sinar-X, tempat objek yang diteliti, dan detektor sinar-X. Sinar X dihasilkan di tabung Sinar-X yang berisi katoda untuk memanaskan filamen, sehingga menghasilkan elektron. Perbedaan tegangan menyebabkan percepatan elektron akan menembaki objek. Ketika elektron mempunyai tingkat energi yang tinggi dan menumbak elektron dalam objek sehingga dihasilkan pancaran sinar-X. Objek dan detektor berputar untuk menangkap dan merekam intensitas refleksi

sinar-X. Detektor merekam dan memproses sinyal sinar-X dan mengolahnya dalam bentuk grafik.

Skema alat difraktometer sinar-X ditunjukkan pada Gambar 1 dengan panjang gelombang sinar-X sekitar $1,540 \text{ \AA}$ dan target anoda terbuat dari bahan tembaga (Cu) (Troitzsch,2007).



Gambar 1. Skema Alat Difraksi Sinar-X (Troitzsch,2007)

Difraksi sinar-X merupakan suatu teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi adanya fasa kristalin di dalam material-material benda dan serbuk, dan untuk menganalisis sifat-sifat struktur (seperti stress, ukuran butir, fasa komposisi orientasi kristal, dan cacat kristal) dari tiap fasa. Metode ini menggunakan sebuah sinar-X yang terdifraksi seperti sinar yang direfleksikan dari setiap, berturut-turut dibentuk oleh atom-atom kristal dari mineral tersebut. Dengan berbagai sudut timbul, pola difraksi yang terbentuk menyatakan karakteristik dari sampel. Susunan ini diidentifikasi dengan membandingkannya dengan sebuah data base internasional (Zakaria,2003).

G. LCR Meter

Lcr meter merupakan alat yang digunakan untuk karakterisasi sifat listrik yang diperoleh dari pengukuran resistansi. Lcr merupakan bagian alat uji elektronik yang digunakan untuk mengukur induktansi (L), kapasitansi (C) dan resistensi (R) dari komponen. Unsur-unsur pepadu, pengotor atau ketidaksempurnaan dalam kristal, sangat mempengaruhi konduktivitas suatu penghantar (Smallan dan Bishop, 2010).

LCR meter merupakan perangkat elektronika yang digunakan untuk menguji induktansi (L), Kapasitansi (C), dan Resistansi (R) dari suatu komponen. Prinsip kerja dari alat ini adalah nilai yang sebenarnya dari beberapa jenis pengukuran tidak diukur, melainkan yang diukur adalah impedansi. LCR meter terhubung pada sebuah monitor dengan software dan menggunakan frekuensi sebagai sumbernya (Elleithy and Sobh, 2013).

Dalam pengujian konduktivitas listrik, perlakuan termal yang tinggi mengakibatkan turunnya resistansi, sehingga nilai konduktivitas listrik juga meningkat. Hal ini disebabkan dengan naiknya temperatur, susunan kristal akan menjadi semakin teratur dan elektron mudah mengalir.

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

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 Nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ yang diperoleh pada penelitian ini telah memenuhi nilai kapasitansi 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.

DAFTAR PUSTAKA

- Burke, A. 2000. Ultracapacitors: why, how, and where is the technology. *Journal of Power Sources* 91(1): 37-50
- Brusic V, Anglopoylos M, Graham T. 1997. Use of Polyaniline and its derivatives in corrosion protection of copper and silver. *J. Electrochem. Soc.* 144:436-442
- Can M. M., Ozcan, S. Ceylan A., Firat T., 2010. Effect of milling Time on synthesis of magnetite nanoparticles by wet milling. *Material science ad engineering B*, Vol. 172 (2010), hal 72-75.
- Chung DDL.2001. Electromagnetic Interference Shielding Effectiveness of Carbon Materials. *Carbon*. 39:279-285. ISSN 0008-6223
- Chitriningrum, N. 2008. Sifat Mekanik dan Termal Pada Bahan Nanokomposit Epoxy-Clay tapanuli. Skripsi. Departemen Fisika. FMIPA. UI. Depok.23-27
- 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
- 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
- Erika, L.Y.Nasution, Astuti.2012. *Sintesis Nanokomposit PANi/Fe₃O₄ sebagai Penyerap Magnetik pada Gelombang Mikro*.Jurnal Fisika Unand Vol 1, No.1, Oktober 2012
- 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 differeney connectivity schemes*. *Acta Materialia*. Vol.90,pp. 1-9
- 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

- Elleithy, K and Sobh, T. 2013. *Innovations and Advances in Computer, Information, System Sciences, And Engineering* Springer. New York. P596
- Fitriana, Vinda Nur. 2014. Sintesis dan Karakterisasi Superkapasitor Berbasis Nanokomposit TiO_2/C . Semarang. Universitas Negeri Malang
- 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.
- Gutierrez, M.P., Li. H dan Patton J. 2002. Thin Film Surface Resistivity.
- Hadiyawardman, Rijal A, Nuryadin BW., Mikrajuddin Andullah, dan Khairurrijal. 2008. *Fabrikasi Material Nanokomposit Superkuat, Ringan, dan Transparan Menggunakan Metode Simple Mixing*. Jurnal Nanosains & Nanoteknologi. Vol. 1, pp.28-32.
- Jayalakshmi, M. 2008. *Simple Capacitor To Supercapacitors*. Int. J. Electrochem Sci. Vol 3. Hal 1196-1217
- Jasalesmana, T., Nurlaela, A., Saridewi., Alatas., Akhiruddin. 2012. *Pembuatan Sensor Gas H_2S Berbasis Polyaniline Field Effect Transistor (PFETs) dengan Metode Casting*. Jurnal Biofisika. Bogor
- Junahiswari, Yuyun. 2016. Efek Ukuran Bulir Terhadap Kapasitansi Superkapasitor Dengan Elektroda Dari Komposit Ekstrak Pasir Besi Dan Arang Aktif Dari Kulit Biji MTE. Skripsi. Universitas Halu Oleo
- Kartati, S. 2009. Sintesis dan Karakterisasi Polianilin Dari Amilium Asetat dan Anilinium Propionat Serta Aplikasi Sebagai Sensor Uap Amoniak. Universitas Indonesia. Depok
- Kim. H.M. 2004. Lett. 84. Hal 589
- Kumar, S.A., Chitra, C.S., S. Vivek, Saravanan, V., K. Nandakumar, Nair, S.S. 2016. *Multiferroic and Magnetoelectric Properties of $\text{Ba}_{0,85} \text{Ca}_{0,15} \text{Zr}_{0,1} \text{Ti}_{0,9} \text{O}_{0,3} \text{CoFe}_2\text{O}_4$ Core Shell Nanocomposite*. Journal Of Magnetism and Magnetic Materials
- Komotina, M., Heinrich W., Gudenau. 2004. *The Sticking Problem During Direct Reduction of Fine Iron Ore In The Fluidized Bed*. Journal Of Metallurgy 309-3.

- 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 Devises. Deerfield Beach. USA
- Li Q, Li,Y., dan Zhang X. 2007. *Strukture Dependent Electrical Properties of Carbon Nanotubes Fiber*. Adv. Mater. 19. Hal 3358-3363s
- Li, X. H., Xu C. L., Han, X.H., Qiao, L., Wang, T. And Lie, F.S. 2010. *Synthesis and Magnetic Properties of Nearly Monodisperse CoFe₂O₄ Nanoparticle through a Simple Hydrithermal Condition*.Nanoscle Ress Lett. Vol. 5, pp.1039-1044
- Mafahir, Lim Abdul. 2015. Pengaruh Suhu Substrat Terhadap Sifat Listrik Bahan Semikonduktor Lapisan Tipis Pbs, Pbse, Pbte Hasil Preparasi Dengan Teknik Vakum Evaporasi. Skripsi . Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Maddu, A. 2008. Sintesis dan Nanoserat Polianilin. Jurnal Nanosains & Nanoteknologi. Vol 1, No.2. Jurusan Fisika Institut Pertanian Bogor. Hal 74-78
- Malvino, A.P. 1985. Prinsip-Prinsip Elektronika. Jilid 1. Edisi Kelima (diterjemahkan oleh Prof. M.Barmawi, Ph.D). Erlangga. Jakarta
- Miller, J.R., Burke, A.F.2008. Electrochemical Capacitor : Challenges and Opportunities For Real-Word Application. Electrochem. Soc.interf. 17(1),53-57
- M, Djamal,. Ramli,. Khairurrijal and F. Haryanto. 2015. Development of Giant Magnetoresistance Material Based On Cobalt Ferrite. Vol.128. Bandung : Institut Teknologi Bandung
- 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*. Padang: Universitas Negeri Padang
- Mohallem, N. D.S ., silvia, J. B., Nascimeto., G.L.T.N., Guimares, V. L. 2012. *Study of Multifunctional Nanocomposites Formed by Cobalt Ferrite Dispersed in Silca Matrix Prepared Bg Sol-Gel Process*. License Intench,458
- P. M . Tamhankar, A. M. Kulkarni and S. C. Watawe. 2011. *Functionalization of Cobalt Ferrite Nanoparticles 54 Alginate Coating for Biocompatible Application Materials Science and Application*. Vol 2. Pp.1317-11321

- Pataya, S. A. 2016. *Karakterisasi Lapisan Tipis Tinanium Dioksida (TiO₂) yang Ditumbuhkan dengan Metoda Spin Coating Diatas Subtrat Kaca*. Universitas Hasanuddin: Makassar
- Prasanna GD, RL Ashok, VB Prasad, DAN HS Jayanna. 2014. *Synthesis And Characterization Of Magnetic And Conductive Nickel Ferrite-Polyaniline Nanokomposites*. Journal Of Composite Material 0(0)1-9
- Paveena, A.Z. Tachan, M. Boutbara. 2010. *The Efferct Of Substrate Temperature On Structural and Physical Properties Od Ultrasonically Sprayed Cds Film*. Material Chemistry and Physics.94
- Prisma,A.J.P, Djoko, D.J. H.S dan Masrurod. 2014. Pengaruh Kosentrasi dan Viskositas Larutan Polistene terhadap Morfologi Permukaan dan Ketebalan Lapisan ZnPc pada permukaan QCM. *Jurnal Fisika Universitas Brawijaya*
- Prabowo, Heri. 2011. Bijih besi. Padang: Universitas Negeri Padang
- Pratapa, Suminar. 2004. Prinsip-Prinsip Difraksi Sinar-X. Makalah seminar XRD
- Prasetyo, Budi Agus., Sutistiyono, Eko. 2008. *Perbandingan Karakteristik Pengotor Bijih Besi Dari Belitung Kepatang dan Solok*. Lipi: Jakarta
- Phumying. S. 2010. *Nanocrystalline Spinel Ferrite (MFe₂O₄, M=Ni, Co, Mn, Mg, Zn) Powders Prepared By A Sample Aloe Vera Plant-Extracted Solution Hydrothermal Route*. Departement of Pyisics. Fakulty of Science. Khon Kaen University. Khon Kaen 4002. Thailand. Material Research Bulletin. 48. 2060-2065.
- Ramli, Jonuarti, R., Hartono, A, 2017. *Analisis Sturktur Nano dari Lapisan Tipis Cobalt Ferrite yang Dipreparasi Dengan Metode Sputtering*. Eksakta Vol. 18 No.1
- Rahma,Reza. 2008. *Pengaruh Proses Pengeringan,ANIL, dan Hidrotermal Terhadap Kristalinitas Nanopartikel TiO₂ Hasil Proses Sol-Gel* . Universitas Indonesi. Depok
- Reitz, R.J.1979. Foundionof Electromagnetic of Electric Theory. Third Edition. Addison-Wesley Publishing
- Rischmawati, Asni. 2014. Studi Konsentrasi Bijih Besi Lateritik Kadar Rendah dengan Metoda Tabling. Bandung. Institut Teknologi Bandung

- Rianto, Debi. 2017. Analisis Stuktur Kristal dan Morfologi Lapisan Tipis Magnetit (Fe_2O_4) Berbahan Dasar Pasir Besi Alam yang Ditumbuhkan Menggunakan Metode Spin Coating. UNP:Padang
- Sahay, Kuldeep. 2009. *Supercapacitor Energy Storage System For Power Quality Improvement*. J.Electrical systems Vol.X Hal 1-8
- Sari, P.F.2014. Efek Variasi Waktu Ball Milling Terhadap Karakteristik Elektrokimia Sel Superkapasitor Berbasis Karbon. Skripsi Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau
- Suyoso. 2003. Listrik Magnet. Yogyakarta: FMIPA UNY
- Sulastri, S. 2010, dkk. 2005. Rancang Bangun Alat Spin-Counting untuk Deposisi Lapisan Tipis Semikonduktor. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Susmita,Ria., Muttaqin,Afdhal. 2013. Analisis Sifat Lsitrik Komposit Polianilin (PANi) terhadap Penambahan Bottom Ash Sebagai Elektroda Superkapasitor.Jurnal fisika unand Vol.2.No.2
- Schwartz,M.M.1984. *Composite Materials Handbook*. Mc Graw-Hill Inc: New York
- Setianingsih Enni. 2014. Karakteristik Struktur Lapisan Tipis Hasil Spin Coating dengan Metode Interferometrik. Surakarta: Universitas Sebelas Maret
- 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. Vol3.No1 Ha 55
- Syamsuluri, S, Gareso, L.P, Juarlin, E. 2015. Pengaruh Kosentrasi Seng Asetat Dehidrat ($\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) terhadap Sifat Optik dan Struktur Krsital Zno. *Jurnal Fisika Unhas*.12 Januari 2015
- 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*.
- Tamm,Aile., Joost,U., Mikkor,M., Kalam Kristja., Mandar,H., Seemen, H., Joosep, L.,Raivo Stern.,2017. Properties of Zirconium Oxide and Cobalt Ferrite Layered Nanocomposite. ECS Journal of Solid State Science and Technology.

- Tipler, Paul A. Fisika untuk sains dan Teknik Edisi Ketiga Jilid 2, diterjemahkan oleh Bambang Soegijono, Jakarta: Penerbit Erlangga, 2001
- Wang, Gui-Xin. 2004. *Manganese Oxide/MWNTs Composite Electrodes For Supercapacitor*. Solid State ionics vol 176 hal 1169-1174
- Widhayastuti, Y., Novita M., dan R.Maharini. 2009. *X-ray Diffractometer (XRD)*. Universitas sebelas Maret. Solo .
- Wulan, Ratna. 2013. Karakterisasi Bijih Besi Alam Sebagai Bahan Baku Magnetit pada Tinta Kering. Universitas Negeri Padang
- Yanuar, Iwantono, Erman Taer, Risa Andriani. 2010. Pengaruh Ketebalan Elektroda Terhadap Nilai Kapasitansi Spesifik Ratio Serbuk Gergaji Kayu Untuk Pembuatan Supercapacitor. Universitas ria: Malang
- Yulianto, Agus, dkk. 2010. *Produksi Hematit (α -Fe₂O₃) dari Pasir Besi Pemanfaatan Potensi Alam Sebagai Bahan Industri Berbasis Sifat Kemagnetan*. Jurnal Sains Materi Indonesia. Vol 5. No 1
- Yulianto A, S. Bijaksana,W. Loeksmanto., D. Kurnia. 2003. Produksi Hematite (α -Fe₂O₃) dari Pasir Besi:Pemanfaatan Potensi Alam Sebagai Bahan Industri Berbasis Sifat Kemagnetat. Jurnal Sains Materi Indonesia. Vol.5 No.1 tahun 2003. 51-54
- Yulfriska, Nindia, Yenni darvina, Ramli, 2017. Analisis Sifat Optik Dari Lapisan Tipis Fe₃O₄ yang Dipreparasi Dari Pasir Besi Pantai Tiram Kabupaten Padang Pariaman Sumatera Barat Dengan Metode Sol-Gel Spin Soating. Skripsi. UNP:Padang
- Yunasfi. 2015. Analisis Sifat Lisrik Nanokomposit Fe_{0,5}-C_{0,5}. Metelurgi 30, Hal.31-38
- Young, Freedman. 2008. Sears And Zemanky's University Physics with Modern Physics. 12th Edition. Pearson Education Inc.
- Zakaria, 2003. *Analisis Kandungan Mineral Magnetik Pada Batuan Beku dari Daerah Istimewa Yogyakarta dengan Metode X-Ray Diffraction*, Skripsi, Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan, Universitas Haluoleo: Kendari.
- Zhao , L., Yang, H., Cui, Y., Zhao , X., dan Feng, S. 2007. *Study of Preparation and Magnetic Properties Of Silica-Coated Cobalt Ferrite Nanocomposites* springer. 42, 4110-4114.