

**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI NANOKOMPOSIT
POLYVINYL ALKOHOL DENGAN PARTIKULAT ZnS
SEBAGAI PENGUAT**

DISERTASI

Oleh

**MAKMUR SIRAIT
NIM. 098108008**



**PROGAM STUDI DOKTOR ILMU FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
MEDAN
2014**

**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI NANOKOMPOSIT
POLYVINYL ALKOHOL DENGAN PARTIKULAT ZnS
SEBAGAI PENGUAT**

DISERTASI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Doktor
dalam Program Studi Doktor Ilmu Fisika pada Program Pascasarjana
Fakultas MIPA Universitas Sumatera Utara

Oleh

MAKMUR SIRAIT
NIM. 098108008

**PROGAM STUDI DOKTOR ILMU FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
MEDAN
2014**

PENGESAHAN DISERTASI

Judul Disertasi : Pembuatan Dan Karakterisasi Nanokomposit Polyvinyl Alkohol Dengan Partikulat ZnS Sebagai Penguat

Nama : Makmur Sirait

NIM. : 098108008

Program Studi : Doktor Ilmu Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sumatera Utara

Menyetujui :

Komisi Pembimbing

Prof. Dr. Eddy Marlianto, M.Sc

Promotor

Saharman Gea, M.Sc, Ph.D

Co-Promotor

Prof. Drs. Motlan, M.Sc, Ph.D

Co-Promotor

Mengetahui :

Ketua Program Studi Doktor Ilmu Fisika

Dekan FMIPA USU

Dr. Nasruddin MN, M.Eng.Sc

Dr. Sutarman, M.Sc

PERNYATAAN ORISINALITAS

**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI NANOKOMPOSIT
POLYVINYL ALKOHOL DENGAN PARTIKULAT ZnS
SEBAGAI PENGUAT**

DISERTASI

Dengan ini saya nyatakan bahwa saya mengakui semua karya disertasi ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang tiap satunya telah dijelaskan sumbernya dengan benar.

Medan, 29 April 2014

Makmur Sirait

NIM. 098108008

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Sumatera Utara, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Makmur Sirait
NIM : 098108008
Program Studi : Doktor Ilmu Fisika
Jenis Karya Ilmiah : Disertasi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sumatera Utara Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty Free Right*) atas Disertasi saya yang berjudul :

**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI NANOKOMPOSIT
POLYVINYL ALKOHOL DENGAN PARTIKULAT ZnS
SEBAGAI PENGUAT**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini, Universitas Sumatera Utara berhak menyimpan, mengalih media, memformat, mengelola dalam bentuk data base, merawat dan mempublikasikan disertasi saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemegang dan atau sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Medan, 29 April 2014

Makmur Sirait

PENETAPAN PANITIA PENGUJI DISERTASI

Telah diuji pada

Tanggal : 29 April 2014

PANITIA PENGUJI DISERTASI

Ketua : Prof. Dr. Eddy Marlianto, M.Sc
Anggota : 1. Saharman Gea, M.Sc, Ph.D
2. Prof. Drs. Motlan, M.Sc, Ph.D
3. Dr. Nasruddin MN, M.Eng.Sc
4. Dr. Susilawati, M.Si

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

I. DATA PRIBADI

Nama lengkap berikut gelar : Dr. Makmur Sirait, M.Si
Tempat dan Tanggal lahir : Lumbanjulu, 6 Maret 1963
Alamat Rumah : Jl. Turi Ujung Gg. Setia II No. 1 A Medan
HP : 081361666037
Email : makmursirait@yahoo.com
Instansi Tempat Bekerja : Universitas Negeri Medan
Alamat Kantor : Jl. Willem Iskandar Pasar V Medan Estate
Telepon/Faks : (061) 6632195/(061) 6614002

II. DATA PENDIDIKAN

Jenjang Pendidikan	Nama Sekolah/PT	Jurusan/Bidang Studi	Tahun Lulus
SD	SD Negeri Lumbanjulu	-	1975
SMP	SMP Negeri Lumbanjulu	-	1979
SMA	SMA Negeri 2 P. Siantar	IPA	1982
Strata-1	IKIP Negeri Medan	Pendidikan Fisika	1987
Strata-2	UGM Yogyakarta	Fisika	1994
Strata-3	USU Medan	Fisika	2014

III. PENGALAMAN PENELITIAN

No	Judul Penelitian	Sumber Dana	Tahun
1	Sistem Pemetaan dan Deteksi Perubahan Wilayah Propinsi Nanggroe Aceh Darussalam Dengan Memanfaatkan Teknologi Inderaja	Dikti Hibah Bersaing	2006-2007

2	Penerapan Model Pembelajaran Berdasarkan Masalah Untuk Meningkatkan Proses Dan Hasil Belajar Mata Kuliah Termodinamika	Unimed Research Grand	2009
3	Upaya Peningkatan Aktivitas dan Hasil Belajar Mahasiswa dengan Penerapan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe STAD pada Mata Kuliah Termodinamika	Unimed Research Grand	2010
4	Pengembangan Model Pembelajaran E-Learning Untuk Meningkatkan Proses dan Hasil Belajar Mata Kuliah Termodinamika	Diknas Pemprosu	2011
5	Penerapan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe STAD Untuk Meningkatkan Proses dan Hasil Belajar Mata Kuliah Fisika Umum I	Unimed Research Grand	2012
6	Pengaruh campuran sari jeruk nipis dan Asam Format sebagai bahan penggumpal lateks terhadap sifat mekanik karet	Dikti Fundamental	2012
7	Pengaruh campuran nanopartikel ZnS dan Polyvinyl Alkohol (PVA) terhadap sifat mekanik nanokomposit PVA/ZnS	Dikti Hibah Doktor	2013
8	Pembentukan nanokomposit Polyvinyl Alkohol (PVA) dan zeolit alam Pahae sebagai filler	Dikti Hibah Bersaing	2014

IV. PUBLIKASI ILMIAH/JURNAL

No	Judul Karya Ilmiah	Nama Penerbit	Nasional/ Internasional	Tahun Terbit
1	Program Komputer Model CAI Sebagai Media Pengajaran Fisika	Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains	Nasional	2007
2	Kajian algoritma deteksi perubahan wilayah memanfaatkan teknologi inderaja	Jurnal Jurnal Sains Indonesia	Nasional	2008

3	Inovasi Pembelajaran Mata Kuliah Algoritma dan Pemrogram Komputer dengan Menggunakan LCD	Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains	Nasional	2008
4	Inovasi Pembelajaran Mata Kuliah Algoritma dan Pemrogram Komputer dengan Menggunakan LCD	Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains	Nasional	2008
5	Pembuatan dan Pengujian Mekanik Komposit Epoksi dengan Serat Daun Nanas	Semirata bidang MIPA BKS Wil. Barat	Nasional	2010
6	Pengaruh Campuran Sari Jeruk Nipis dan Asam Format sebagai Bahan Penggumpal Lateks terhadap Sifat Vulkanisasi Karet	Jurnal Penelitian Sainika	Nasional	2011
7	Growth and Characterization of ZnS Nanoparticle	Jurnal Penelitian Sainika	Nasional	2013

V. PUBLIKASI YANG BERHUBUNGAN DENGAN DISERTASI

No	Judul	Seminar	Tahun	Keterangan
1	Sintesis dan karakterisasi sifat optik nanopartikel ZnS dengan metode kopresipitasi	Semirata bidang MIPA BKS Wil. Barat	Medan, 11-12 Mei 2012	Pemakalah dan Prosiding
2	Structure and morphological of ZnS nanoparticles prepared by coprecipitation method	International Seminar of Analytical Sciencies 2012	Medan, 12-13 November 2012	Pemakalah dan Prosiding
3	Growth and characterization of ZnS nanoparticle	Jurnal Penelitian Sainika	Vol.13(2): 90-93,2013	Nasional
4	Mechanical and thermal properties of ZnS-reinforced Polyvinyl Alcohol nanocomposite	International Conference on Innovation in Polymer Science Technology 2013 (IPST2013)	Jogyakarta, 7-10 Oktober 2013	Pemakalah
5	Effect of mixed nanoparticles ZnS and Polyvinyl Alcohol (PVA) against nanocomposite mechanical properties of PVA/ZnS	American Journal of Physical Chemistry	Vol.3(1); 5-8, 2014	Jurnal Internasional

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala berkat dan rahmatNya sehingga dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan disertasi yang berjudul : **Pembuatan dan Karakterisasi Nanokomposit Polyvinyl Alkohol Dengan Partikulat ZnS Sebagai Penguat.**

Disertasi ini dimaksudkan untuk memenuhi sebagian dari persyaratan guna memperoleh gelar Doktor Fisika pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara. Kami menyadari sepenuhnya bahwa dalam pengungkapan, penyajian dan penyusunan kata-kata maupun pembahasan materi dalam disertasi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu dengan penuh kerendahan hati, kami mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak untuk perbaikan disertasi ini.

Kami menyadari bahwa dalam proses penyelesaian disertasi ini, banyak pihak yang dengan tulus ikhlas telah memberikan bantuan baik itu langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, pada kesempatan ini kami menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Prof. Dr. dr. Syahril Pasaribu, DTM & H., M.Sc. (CTM), Sp.A. (K), selaku Rektor Universitas Sumatera Utara atas kesempatan dan fasilitas yang diberikan untuk mengikuti dan menyelesaikan pendidikan Program Doktor Ilmu Fisika.
2. Prof. Dr. Ibnu Hajar, M.Si, selaku Rektor Universitas Negeri Medan, dan mantan Rektor Prof. Dr. Syawal Gultom, M.Pd, yang telah memberikan kesempatan dan ijin belajar kepada saya untuk mengikuti program pendidikan Doktor Ilmu Fisika pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara dan berkenan memberikan bantuan pendidikan.
3. Dr. Sutarman, M.Sc, selaku Dekan FMIPA Universitas Sumatera Utara yang juga telah memberi kesempatan untuk mengikuti dan menyelesaikan pendidikan Program Doktor.
4. Dr. Nasruddin MN, M.Eng.Sc, selaku Ketua Program Studi S2 dan S3 Ilmu Fisika FMIPA USU dan Dr. Anwar Dharma Sembiring, M.S selaku Sekretaris Program Studi S2 dan S3 Ilmu Fisika dan seluruh karyawan/ti program Pascasarjana

Universitas Sumatera Utara atas motivasi, perhatian serta bantuan administrasi selama pendidikan Program Doktor Ilmu Fisika.

5. Prof. Dr. Eddy Marlianto, M.Sc, selaku Promotor yang selama ini telah memberikan kesempatan, dorongan, saran serta perhatian sehingga dapat menyelesaikan penulisan disertasi ini.
6. Saharman Gea, M.Sc, Ph.D, sebagai Co-Promotor atas segala bantuan, motivasi, arahan dan bimbingan selama perencanaan penelitian, pelaksanaan penelitian sampai penyelesaian disertasi ini.
7. Prof. Drs. Motlan, M.Sc, Ph.D, sebagai Co-Promotor atas segala bantuan, motivasi, arahan dan bimbingan selama penyelesaian disertasi ini.
8. Kepala Laboratorium Kimia Fisika USU dan Unimed atas segala fasilitas dan bantuan yang diberikan.
9. Kepada semua Dosen Program Doktor Ilmu Fisika FMIPA Universitas Sumatera Utara dan semua pihak yang telah membantu selama pendidikan, penelitian dan penulisan disertasi ini.
10. Kedua orang tuaku, E. Sirait (Alm) dan Bunda S. Sijabat, Mertua St. Drs. Letkol (Purn). E. Manalu/M.Pakpahan, isteri dr. Fera Margaretha Manalu dan anak-anak yang kukasihi : Christopel P. Sirait, Christian P. Sirait dan Chrisyanto P. Sirait yang turut memotivasi penulis untuk segera menyelesaikan disertasi ini.

Semoga amal yang telah mereka berikan, mendapatkan berkah dari Tuhan Yang Maha Kuasa. Amin

Medan, 29 April 2014

Hormat saya,

Makmur Sirait.

Pembuatan Dan Karakterisasi Nanokomposit Polyvinyl Alkohol Dengan Partikulat ZnS Sebagai Penguat

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang pembuatan dan karakterisasi nanokomposit polyvinyl alkohol (PVA) dengan nanopartikel ZnS sebagai penguat. Penelitian ini bertujuan untuk membuat dan mengkarakterisasi nanokomposit PVA/ZnS yang dilakukan dalam dua tahap. Pertama, nanopartikel ZnS disiapkan dari zinc asetat dan thiourea dengan metode kopresipitasi. Kedua, nanopartikel ZnS dalam berbagai konsentrasi dicampur dengan PVA menggunakan pengaduk magnet pada suhu 80°C dengan kecepatan putar 500 rpm untuk membentuk nanokomposit PVA/ZnS dengan metode sol-gel. Berdasarkan difraktogram dari XRD diperoleh bahwa struktur ZnS yang terbentuk adalah struktur wurtzite dengan bentuk hexagonal dan struktur blende dengan bentuk kubik. Dengan menggunakan persamaan Scherer ukuran rata-rata partikel ZnS 49 nm. Hasil uji tarik menunjukkan bahwa rata-rata kekuatan tarik terbesar diperoleh pada komposisi berat ZnS 0% yaitu 34,390 MPa, perpanjangan putus terbesar diperoleh pada komposisi berat ZnS 1% yaitu 430,81%, dan modulus elastisitas terbesar diperoleh pada komposisi berat ZnS 2% yaitu 190,73 MPa. Dari analisa morfologi menggunakan SEM diperoleh campuran yang lebih merata pada permukaan nanokomposit PVA/ZnS pada komposisi berat ZnS 2%. Hasil uji termal diperoleh suhu leleh maksimum dari nanokomposit PVA/ZnS pada komposisi berat ZnS 3% sebesar 224,39 °C dengan entalpi 15,1036 J/g dan kalor sebesar 93,642 mJ.

Kata kunci : *Nanokomposit, PVA, ZnS, uji tarik, uji termal, dan morfologi*

Synthesis and Characterizing Nanocomposite of Polyvinyl Alcohol with ZnS Nanoparticles as Reinforcing

ABSTRACT

It has been conducted research about synthesis and characterizing nanocomposite of polyvinyl alcohol (PVA) with ZnS nanoparticles as reinforcing. This research aims to make and characterize nanocomposite PVA/ZnS that conducted in two phases. First, ZnS nanoparticles prepared from zinc acetate and thiourea by the coprecipitation method. Second, ZnS nanoparticles in various concentrations were mixed with PVA using a magnetic stirrer at a temperature of 80 °C with a rotary speed of 500 rpm to form a nanocomposite PVA/ZnS by sol-gel method. Based on the diffractogram from XRD, obtained that the ZnS structure which formed is wurtzite structure with a hexagonal shape and blende structure with a cubic shape. By using Scherer equation, the average of ZnS particle size is 49 nm. Tensile test results showed that average the maximum tensile obtained on ZnS 0% weight composition is 34.390 MPa, maximum of elongation at obtained on ZnS 1% weight composition is 430.81%, and maximum modulus elasticity obtained in ZnS 2% weight composition is 190.73 MPa. From morphological analysis using SEM obtained mixture evenly over the surface of the nanocomposite PVA/ZnS in ZnS on weight composition 2% weight. Thermal test results obtained maximum melting temperature of nanocomposite PVA/ZnS in ZnS composition by weight 3% wt at 224.39 °C with enthalpy 15.1036 J/g and heat 93.642 mJ.

Keywords: *Nanocomposite, PVA, ZnS, tensile test, thermal test, and morphology.*

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	ix
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Perumusan Masalah	6
1.3. Pembatasan Masalah	6
1.4. Tujuan Penelitian	7
1.5. Manfaat Penelitian	7
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Komposit	8
2.2. Pengisi	9
2.3. Sifat-sifat Bahan Komposit	15
2.4. Polimer Nanokomposit	17
2.5. Partikulat ZnS	20
2.6. Metode Kopersipitasi	21
2.7. Metode Sol-gel	23
2.8. Polyvinyl Alkohol	25
BAB III. METODE PENELITIAN	33
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian	33
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	33
3.3. Pembuatan Nanopartikel Zinc Sulfat	34
3.4. Pembuatan Nanokomposit PVA/ZnS	35
3.5. Diagram Alir Penelitian	35

3.6. Pengujian dan Analisis Sampel	38
3.6.1. X-Ray Diffraction	38
3.6.2. Scanning Electron Microscopy	39
3.6.3. Uji Mekanik	41
3.6.4. Uji Termal	43
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	46
4.1. Hasil Sintesis Nanopartikel Zinc Sulfat	46
4.2. Hasil Sintesis Nanokomposit PVA/ZnS	49
4.3. Hasil Karakteristik Uji Tarik Nanokomposit PVA/ZnS	51
4.4. Hasil Karakteristik Uji Termal Nanokomposit PVA/ZnS	58
4.5. Morfologi dari Nanokomposit PVA/ZnS	63
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	71
5.1. Kesimpulan	71
5.2. Saran	72
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN-LAMPIRAN	77

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Perbandingan antara PVA (<i>Polyvinyl Alcohol</i>), <i>Cellulose (viscose)</i> dan PU (<i>Polyurethane Foam</i>)	28
Tabel 2.2. Sifat Fisis dari Polyvinyl Alkohol	31
Tabel 4.1. Data Hasil Pengujian Kekuatan Tarik, Perpanjangan Putus dan Modulus Young dari campuran PVA dan nanopartikel ZnS	55
Tabel 4.2. Data Hasil Pengujian Termal nanokomposit PVA/ZnS	62

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1.	Diagram klasifikasi bahan komposit 9
Gambar 2.2.	Ilustrasi komposit berdasarkan <i>reinforcement</i> 10
Gambar 2.3.	Orientasi Serat 10
Gambar 2.4.	Parameter serat dalam pembuatan komposit 11
Gambar 2.5.	Ilustrasi komposit berdasarkan Struktur 12
Gambar 2.6.	Mikrostruktur lamina 12
Gambar 2.7.	Struktur komposit <i>sandwich panels</i> 13
Gambar 2.8.	Ilustrasi komposit pada tiga dimensi (a) partikel (b) serat pendek sebagai penguat 15
Gambar 2.9.	Gambar penggabungan komposit partikel dengan komposit serat pendek untuk menghasilkan komposit hybrid 17
Gambar 2.10.	Seng Blende dan Wurtzite 20
Gambar 2.11.	Metode sintesis nanopartikel <i>top down-bottom up</i> 22
Gambar 2.12.	Diagram proses metode sol-gel 23
Gambar 2.13.	Teknik pembuatan sol-gel dan aplikasi 25
Gambar 2.14.	Struktur ikatan kimia PVA 25
Gambar 2.15.	Absorbansi-Panjang gelombang dari PVA 27
Gambar 2.16.	Pengaruh berat molekul dan hidrolisis pada sifat-sifat polyvinyl alkohol 29
Gambar 2.17.	Hubungan tingkat kelarutan terhadap derajat hydrolysis dari PVA pada suhu 20 °C dan 40 °C 30
Gambar 3.1.	Diagram Alir Pembuatan Nanopartikel ZnS 36
Gambar 3.2.	Diagram Alir Pembuatan Nanokomposit PVA/ZnS 37
Gambar 3.3.	Peralatan X-Ray Diffraction 39
Gambar 3.4.	Peralatan Scanning Electron Microscopy 40
Gambar 3.5.	Alat uji tarik model UCT-5T 41
Gambar 3.6.	Grafik Tegangan – Regangan 42
Gambar 3.7.	Alat dan skema peralatan DSC 44
Gambar 3.8.	Termogram dari DSC 45

Gambar 4.1.	Nanopartikel ZnS	46
Gambar 4.2.	Hasil XRD Nanopartikel ZnS	48
Gambar 4.3.	Morfologi nanopartikel ZnS dengan perbesaran 10.000 X	49
Gambar 4.4.	Morfologi nanopartikel ZnS dengan perbesaran 15.000 X	49
Gambar 4.5.	Sampel untuk uji tarik dengan berbagai campuran antara PVA dan nanopartikel ZnS : S1) ZnS 0%; S2) ZnS 1%; S3) 2%; S4) ZnS 3% dan S5) ZnS 4%	51
Gambar 4.6.	Grafik hubungan antara tegangan terhadap regangan dengan komposisi PVA (tanpa nanopartikel ZnS)	52
Gambar 4.7.	Grafik hubungan antara tegangan terhadap regangan dengan komposisi campuran PVA dan nanopartikel ZnS 1%	52
Gambar 4.8.	Grafik hubungan antara tegangan terhadap regangan dengan komposisi campuran PVA dan nanopartikel ZnS 2%	53
Gambar 4.9.	Grafik hubungan antara tegangan terhadap regangan dengan komposisi campuran PVA dan nanopartikel ZnS 3%	54
Gambar 4.10.	Grafik hubungan antara tegangan terhadap regangan dengan komposisi campuran PVA dan nanopartikel ZnS 4%	54
Gambar 4.11.	Grafik hubungan antara tegangan terhadap regangan dari beberapa komposisi campuran PVA dan nanopartikel ZnS	56
Gambar 4.12.	Diagram Batang kekuatan tarik terhadap komposisi nanopartikel ZnS	56
Gambar 4.13.	Diagram Batang perpanjangan putus terhadap komposisi nanopartikel ZnS	57
Gambar 4.14.	Diagram Batang Modulus Young terhadap komposisi nanopartikel ZnS	57
Gambar 4.15	Hasil Termogram DSC dari nanokomposit PVA/ZnS dengan komposisi ZnS 0%	58
Gambar 4.16.	Hasil Termogram DSC dari nanokomposit PVA/ZnS dengan komposisi ZnS 1%	59
Gambar 4.17.	Hasil Termogram DSC dari nanokomposit PVA/ZnS dengan komposisi ZnS 2%	60

Gambar 4.18.	Hasil Termogram DSC dari nanokomposit PVA/ZnS dengan komposisi ZnS 3%	60
Gambar 4.19.	Hasil Termogram DSC dari nanokomposit PVA/ZnS dengan komposisi ZnS 4%	61
Gambar 4.20.	Hasil Termogram DSC dari nanokomposit PVA/ZnS dengan komposisi nanopartikel ZnS 0%; 1%; 2%; 3% dan 4%	62
Gambar 4.22.	Morfologi nanokomposit PVA/ZnS dengan PVA (ZnS 0%) untuk perbesaran (a) 500 X dan (b) 1000 X	63
Gambar 4.23.	Hasil EDS dari nanokomposit PVA/ZnS dengan PVA (ZnS 0%)	64
Gambar 4.24.	Morfologi nanokomposit PVA/ZnS dengan campuran ZnS 1% untuk perbesaran (a) 500 X dan (b) 1000 X	65
Gambar 4.25.	Hasil EDS dari nanokomposit PVA/ZnS dengan campuran ZnS 1%	65
Gambar 4.26.	Morfologi nanokomposit PVA/ZnS dengan campuran ZnS 2% untuk perbesaran (a) 500 X dan (b) 1000 X	66
Gambar 4.27.	Hasil EDS dari nanokomposit PVA/ZnS dengan campuran ZnS 2%	67
Gambar 4.28.	Morfologi nanokomposit PVA/ZnS dengan campuran ZnS 3% untuk perbesaran (a) 500 X dan (b) 1000 X	67
Gambar 4.29.	Hasil EDS dari nanokomposit PVA/ZnS dengan campuran ZnS 3%	68
Gambar 4.30.	Morfologi nanokomposit PVA/ZnS dengan campuran ZnS 4% untuk perbesaran (a) 500 X dan (b) 1000 X	69
Gambar 4.31.	Hasil EDS dari nanokomposit PVA/ZnS dengan campuran ZnS 4%	69

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran-1.	Hasil Rekaman XRD dan Analisis 77
Lampiran-2.	Hasil Rekaman Uji Tarik Nanokomposit PVA dan ZnS dengan komposisi (100:0)% 85
Lampiran-3.	Hasil Rekaman Uji Tarik Nanokomposit PVA dan ZnS dengan komposisi (90:1)% 86
Lampiran-4.	Hasil Rekaman Uji Tarik Nanokomposit PVA dan ZnS dengan komposisi (98:2)% 87
Lampiran-5.	Hasil Rekaman Uji Tarik Nanokomposit PVA dan ZnS dengan komposisi (97:3)% 88
Lampiran-6.	Hasil Rekaman Uji Tarik Nanokomposit PVA dan ZnS dengan komposisi (96:4)% 89
Lampiran-7.	Hasil Rekaman Uji Termal DSC Nanokomposit PVA dan ZnS dengan komposisi (100:0)% 90
Lampiran-8.	Hasil Rekaman Uji Termal DSC Nanokomposit PVA dan ZnS dengan komposisi (90:1)% 91
Lampiran-9.	Hasil Rekaman Uji Termal DSC Nanokomposit PVA dan ZnS dengan komposisi (98:2)% 92
Lampiran-10.	Hasil Rekaman Uji Termal Nanokomposit PVA dan ZnS dengan komposisi (97:3)% 93
Lampiran-11.	Hasil Rekaman Uji Termal Nanokomposit PVA dan ZnS dengan komposisi (96:4)% 94
Lampiran-12.	Foto-foto Penelitian 95