

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
INTISARI	xiii
ABSTRACT	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	4
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Tujuan Penelitian.....	5
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
1.6. Sistematika Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
BAB III DASAR TEORI	14
3.1. Dasar-dasar Kemagnetan Bahan.....	14
3.2. Klasifikasi Sifat Kemagnetan Material.....	15
3.2.1. Diamagnetik.....	15
3.2.2. Paramagnetik.....	16
3.2.3. Ferromagnetik.....	17
3.2.4. Antiferromagnetik.....	18
3.2.5. Ferrimagnetik.....	19
3.3. Sifat Superparamagnetik pada Nanopartikel.....	20
3.4. Domain Magnetik dan Kurva Histeresis.....	23
3.5. Nanopartikel <i>Nickel Ferrite</i> (NiFe ₂ O ₄).....	24
3.6. Bahan untuk Enkapsulasi.....	26
3.6.1. <i>Polyethylene Glycol</i> (PEG).....	28
3.6.2. Silika (SiO ₂).....	30
3.7. Metode Kopresipitasi.....	32
3.8. Karakteristik Material.....	33
3.8.1. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	33
3.8.2. <i>Transmission Electron Microscopy</i> (TEM).....	35
3.8.3. <i>Vibrating Sample Magnetometry</i> (VSM).....	36
3.8.4. <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR).....	38

BAB IV	METODE PENELITIAN	42
4.1.	Bahan	42
4.2.	Alat	42
4.3.	Prosedur Penelitian	42
4.3.1.	Sintesis nanopartikel NiFe ₂ O ₄	42
4.3.2.	Enkapsulasi nanopartikel NiFe ₂ O ₄ menggunakan PEG-4000	43
4.3.3.	Enkapsulasi nanopartikel NiFe ₂ O ₄ menggunakan silika	44
4.4.	Teknik Analisa Data	47
BAB V	HASIL DAN PEMBAHASAN	53
5.1	Hasil Sintesis Nanopartikel <i>Nickel Ferrite</i> (NiFe ₂ O ₄)	53
5.2.	Karakterisasi Nanopartikel NiFe ₂ O ₄ dan NiFe ₂ O ₄ +PEG-4000 dengan <i>X-Ray Diffractometer</i> (XRD)	54
5.3.	Karakterisasi Nanopartikel NiFe ₂ O ₄ dan NiFe ₂ O ₄ +PEG-4000 dengan <i>Transmission Electron Microscope</i> (TEM)	58
5.4.	Karakterisasi Nanopartikel NiFe ₂ O ₄ dan NiFe ₂ O ₄ +PEG-4000 dengan <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM)	60
5.4.1	Analisa koersivitas	62
5.4.2.	Analisa magnetisasi pada <i>H</i> sebesar 15 kOe	64
5.5.	Karakterisasi Nanopartikel NiFe ₂ O ₄ dan NiFe ₂ O ₄ +PEG-4000 dengan <i>Fourier Transform Infra-red</i> (FTIR)	66
5.6.	Karakterisasi Nanopartikel NiFe ₂ O ₄ dan NiFe ₂ O ₄ +silika dengan <i>X-Ray Diffractometer</i> (XRD)	70
5.7.	Karakterisasi Nanopartikel NiFe ₂ O ₄ dan NiFe ₂ O ₄ +silika dengan <i>Transmission Electron Microscope</i> (TEM)	74
5.8.	Karakterisasi Nanopartikel NiFe ₂ O ₄ dan NiFe ₂ O ₄ +silika dengan <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM)	75
5.8.1	Analisa koersivitas	77
5.8.2.	Analisa magnetisasi pada <i>H</i> sebesar 15 kOe	79
5.9.	Karakterisasi Nanopartikel NiFe ₂ O ₄ dan NiFe ₂ O ₄ +silika dengan <i>Fourier Transform Infra-red</i> (FTIR)	80
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	85
6.1.	Kesimpulan	85
6.2.	Saran	86
	DAFTAR PUSTAKA	87
	LAMPIRAN A	
	LAMPIRAN B	
	LAMPIRAN C	
	LAMPIRAN D	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Spektrum FTIR sampel C dan C1(Chaudhuri dkk, 2009)	8
Gambar 2.2. FTIR (a) NiFe ₂ O ₄ (b) NiFe ₂ O ₄ dienkapsulasi PEG (c) PEG (Phadataré dkk, 2012)	10
Gambar 2.3. Pola XRD dari nanokristalin NiFe ₂ O ₄ dan NiFe ₂ O ₄ dienkapsulasi silika (Vivekanandhan dkk, 2013)	11
Gambar 3.1. Arah domain magnetik pada material diamagnetik sebelum dan sesudah diberi medan magnet eksternal (Callister, 2007)	16
Gambar 3.2. Arah domain magnetik pada material paramagnetik sebelum dan sesudah diberi medan magnet eksternal (Callister, 2007)	17
Gambar 3.3. Arah domain magnetik pada ferromagnetik (Callister, 2007)	17
Gambar 3.4. Representasi skematis dari susunan antiparalel pada momen magnetik spin untuk material antiferromagnetik manganoksida (Callister, 2007)	18
Gambar 3.5. Distribusi momen magnetik spin dari ion Fe ²⁺ dan Fe ³⁺ pada magnetit (Fe ₃ O ₄) (Callister, 2007)	19
Gambar 3.6. Transisi pada nanopartikel magnetik ferromagnetik ke superparamagnetik (Xu, 2009)	20
Gambar 3.7. Respon medan magnet dari partikel magnetik (a) partikel magnetik pada suhu dibawah τ_B dan (b) partikel magnetik pada suhu lebih tinggi dari τ_B (Xu, 2009)	22
Gambar 3.8. Kurva histerisis pada ferromagnetik (Coey, 2010)	23
Gambar 3.9. Struktur spinel invers (Mathew dan Juang, 2006)	25
Gambar 3.10. Distribusi kation pada struktur <i>spinel ferrite (inverted ferrite)</i> dengan ion Ni ²⁺ menunjukkan ion logam (Mathew dan Juang, 2006)	25
Gambar 3.11. Puncak difraksi XRD NiFe ₂ O ₄ JCPDS no. 10-0325 (www.icdd.com)	26
Gambar 3.12. Sketsa enkapsulasi nanopartikel magnetik dengan tipe yang berbeda: (a) bahan inorganik; (b) molekul organik; (c) polimer organik (Umut, 2013)	27
Gambar 3.13. Stabilisasi nanopartikel magnetik (a) elektrostatik (b) sterik (Shen dkk, 2004)	28
Gambar 3.14. Struktur PEG (Jhon dkk, 2012)	29
Gambar 3.15. Morfologi SEM dari PEG-4000	30
Gambar 3.16. Morfologi SEM dari silika (Ui, 2009)	31
Gambar 3.17. Diagram X-Ray difraktometer (Speakman, 2012)	33
Gambar 3.18. Difraksi bidang Bragg sinar-X (Puri dan Babbar, 1997)	34

Gambar	3.19.	Diagram TEM (Anonim B dalam Riyanto, 2011)	35
Gambar	3.20.	Skema peralatan VSM (Burgei dkk, 2003)	37
Gambar	3.21.	Proses terjadinya flux oleh pergerakan sampel magnet (Foner, 1985)	38
Gambar	3.22.	FTIR shimadzu iraffinity (Teran, 2012)	39
Gambar	3.23.	Pembagian daerah panjang gelombang (Giwangkara, 2006)	40
Gambar	3.24.	Sistem optik pada spektrofotometer FTIR (Giwangkara, 2006)	40
Gambar	4.1.	(a) Perangkat XRD Shimadzu-XD (Lab. Kimia FMIPA UGM), (b) Perangkat TEM Jeol Jem-1400 (Lab. Kimia FMIPA UGM), (c) Perangkat VSM Riken Denshi Co Ltd (<i>Department of Quantum Engineering, Nagoya University, Japan</i>), (d) Perangkat IR Spectrometer Shimadzu Prestige-21 (Lab. Kimia FMIPA UGM)	45
Gambar	4.2.	Skema penelitian	46
Gambar	4.3.	Ilustrasi spektrum puncak NiFe_2O_4 dari pengujian XRD	47
Gambar	4.4.	Ilustrasi penentuan FWHM pengujian XRD	48
Gambar	4.5.	Contoh gambar hasil pengujian TEM	49
Gambar	4.6.	Contoh pola difraksi TEM	50
Gambar	4.7.	Ilustrasi kurva histerisis hasil pengujian VSM (Suharyadi, 2003)	51
Gambar	4.8.	Ilustrasi grafik untuk menentukan nilai koersivitas H_C sampel	52
Gambar	5.1.	Nanopartikel NiFe_2O_4 yang dihasilkan dari proses sintesis dengan metode kopresipitasi (a) nanopartikel NiFe_2O_4 dalam medium cair di atas medan magnet (b) nanopartikel NiFe_2O_4 fasa padat	53
Gambar	5.2.	Pola spektrum sampel nanopartikel NiFe_2O_4 dan NiFe_2O_4 yang dienkapsulasi dengan PEG-4000 (50%)	54
Gambar	5.3.	Ilustrasi enkapsulasi PEG-4000 pada nanopartikel NiFe_2O_4	57
Gambar	5.4.	Morfologi dan pola difraksi nanopartikel NiFe_2O_4 (a) sebelum enkapsulasi (b) setelah enkapsulasi PEG-4000 (50%)	58
Gambar	5.5.	Hasil SEM morfologi nanopartikel NiFe_2O_4 (Cao dkk, 2014); (b) hasil TEM morfologi NiFe_2O_4 (Jamadade, 2011)	59
Gambar	5.6.	Kurva histerisis pengujian VSM koersivitas nanopartikel NiFe_2O_4	60
Gambar	5.7.	Kurva histerisis pengujian VSM koersivitas nanopartikel (a) NiFe_2O_4 :PEG-4000(25%), (b) NiFe_2O_4 :PEG-4000(33%), (c) NiFe_2O_4 :PEG-4000(50%), (d) NiFe_2O_4 :PEG-4000(67%), (e) NiFe_2O_4 :PEG-4000(75%), dan (f) NiFe_2O_4 :PEG-4000(80%)	61
Gambar	5.8.	Kurva histerisis pengujian VSM nilai magnetisasi nanopartikel NiFe_2O_4 dan NiFe_2O_4 +PEG-4000	62
Gambar	5.9.	Skema ilustrasi hubungan ukuran nanopartikel dengan koersivitas (Zhao, 2007)	63

Gambar 5.10.	Ilustrasi mekanisme enkapsulasi nanopartikel NiFe ₂ O ₄ dengan PEG-4000	66
Gambar 5.11.	Hasil spektrum FTIR (a) NiFe ₂ O ₄ ; (b) PEG-4000; dan (c) NiFe ₂ O ₄ +PEG4000	67
Gambar 5.12.	Pola spektrum sampel nanopartikel NiFe ₂ O ₄ dan NiFe ₂ O ₄ yang dienkapsulasi dengan silika (50%)	71
Gambar 5.13.	Ilustrasi enkapsulasi silika pada nanopartikel NiFe ₂ O ₄	73
Gambar 5.14.	Morfologi dan pola difraksi NiFe ₂ O ₄ (a) sebelum enkapsulasi (b) setelah enkapsulasi silika (50%)	74
Gambar 5.15.	Kurva histerisis pengujian VSM koersivitas nanopartikel (a) NiFe ₂ O ₄ :silika(50%), (b) NiFe ₂ O ₄ :silika(30%), (c) NiFe ₂ O ₄ :silika(20%), (d) NiFe ₂ O ₄ :silika(15%), (e) NiFe ₂ O ₄ :silika(10%), dan (f) NiFe ₂ O ₄ :silika(5%)	76
Gambar 5.16.	Kurva histerisis pengujian VSM nilai magnetisasi nanopartikel NiFe ₂ O ₄ dan NiFe ₂ O ₄ +silika	77
Gambar 5.17.	Ilustrasi mekanisme pelapisan silika pada permukaan nanopartikel NiFe ₂ O ₄	80
Gambar 5.18	Hasil spektrum FTIR (a) NiFe ₂ O ₄ ; (b) silika; dan (c) NiFe ₂ O ₄ +silika	81

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 1.1.	Bahan material non-magnetik yang digunakan untuk fungsionalisasi nanopartikel magnetik (Casillas dkk, 2012)	2
Tabel 2.1.	Ukuran partikel NiFe ₂ O ₄ sebelum dienkapsulasi dari hasil analisis XRD (Chaudhuri dkk, 2009)	7
Tabel 2.2.	Hasil parameter kisi α (Å) dan ukuran kristalin L (nm) untuk sampel nanoferit MFe ₂ O ₄ (dimana M = Mn ²⁺ , Ni ²⁺ , Co ²⁺ , Cu ²⁺) (Ahmed dkk, 2010)	9
Tabel 2.3.	Hasil dari magnetisasi saturasi (M_s), magnetisasi remanen (M_r), dan koersivitas (H_c) MFe ₂ O ₄ (dimana M = Mn ²⁺ , Ni ²⁺ , Co ²⁺ , Cu ²⁺) tanpa dan dengan PEG (Ahmed dkk, 2010)	9
Tabel 3.1.	Komposisi PEG dan Sifatnya (Setiadi, 2013)	29
Tabel 4.1.	Identitas sampel NiFe ₂ O ₄ dengan variasi konsentrasi PEG-4000	43
Tabel 4.2.	Identitas sampel NiFe ₂ O ₄ dengan variasi konsentrasi silika	44
Tabel 5.1.	Rasio fasa sampel NiFe ₂ O ₄ sebelum dan setelah dienkapsulasi dengan PEG-4000	55
Tabel 5.2.	Hasil analisa nanopartikel NiFe ₂ O ₄ dan NiFe ₂ O ₄ +PEG-4000 (50%)	56
Tabel 5.3.	Nilai koersivitas (H_c) NiFe ₂ O ₄ +PEG-4000	62

Tabel 5.4.	Nilai magnetisasi (M) dan magnetisasi remanen (M_r) NiFe_2O_4 +PEG-4000	64
Tabel 5.5.	Gugus fungsi, jenis vibrasi, jenis senyawa dan bilangan gelombang sampel nanopartikel NiFe_2O_4 , PEG-4000, dan NiFe_2O_4 +PEG-4000 (50%)	68
Tabel 5.6.	Rasio fasa sampel NiFe_2O_4 sebelum dan setelah dienkapsulasi dengan silika	72
Tabel 5.7.	Hasil analisa nanopartikel NiFe_2O_4 dan NiFe_2O_4 +silika (50%)	72
Tabel 5.8.	Nilai koersivitas (H_c) NiFe_2O_4 +silika	77
Tabel 5.9.	Nilai magnetisasi (M) dan magnetisasi remanen (M_r) NiFe_2O_4 +silika	79
Tabel 5.10.	Gugus fungsi, jenis vibrasi, dan bilangan gelombang sampel nanopartikel NiFe_2O_4 , silika, dan NiFe_2O_4 +silika (50%)	82