

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
PERNYATAAN.....	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
INTISARI	xiv
ABSTRACT	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Batasan Masalah	5
1.4. Tujuan Penelitian	5
1.5. Manfaat Penelitian	6
1.6. Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Sintesis Nanopartikel Co-Ni <i>Ferrite</i>	8
2.2. Enkapsulasi atau Penambahan Surfaktan Nanopartikel Magnetik dengan material lain.....	8
BAB III LANDASAN TEORI	11
3.1. Dasar-dasar Kemagnetan Bahan	11
3.2. Sifat Kemagnetan Bahan.....	12
3.2.1. Diamagnetik.....	12
3.2.2. Paramagnetik.....	13
3.2.3. Ferrimagnetik.....	14
3.2.4. Ferromagnetik	16
3.2.5. Antiferromagnetik.....	17
3.3. Domain Magnetik dan Paramagnetik.....	17

3.4. Ferrite dan Strukturnya.....	18
3.5. Struktur Kristal Nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄	19
3.6. Sifat Superparamagnetik pada Nanopartikel.....	21
3.7. Metode Kopresipitasi	23
3.8. Bahan Enkapsulasi	25
3.7.1. Polyethylene Glycol (PEG).....	25
3.7.2. Silika (SiO ₂).....	26
3.9. Metode Karakterisasi	28
3.8.1. X-Ray Diffraction (XRD).....	29
3.8.2. Transmission Electron Microscope (TEM)	30
3.8.3. Fourier Transform Infra Red (FTIR).....	32
3.8.4. Vibrating Sample Magnetometer	35
BAB IV METODE PENELITIAN	37
4.1. Alat dan Bahan.....	37
4.2. Prosedur Penelitian.....	38
4.3. Teknik Analisis Data.....	43
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	52
5.1. Hasil Sintesis Nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄	52
5.2. Karakterisasi Nanopartikel Magnetik Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ dan Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ + PEG-4000.....	52
5.2.1. Karakterisasi menggunakan X-Ray Diffractometer (XRD).....	53
5.2.2. Karakterisasi menggunakan Transmission Electron Microscope (TEM).....	61
5.2.3. Karakterisasi menggunakan Vibrating Sample Magnetometer (VSM).....	64
5.2.3.1. Analisa Koersivitas	66
5.2.3.2. Analisa magnetisasi dan Magnetik Anisotropi ...	68
5.2.4. Karakterisasi menggunakan Fourier Transform Infra Red (FTIR).....	70
5.3. Karakterisasi Nanopartikel Magnetik Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ dan Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ + Silika	76
5.3.1. Karakterisasi menggunakan X-Ray Diffractometer (XRD).....	76

5.3.2. Karakterisasi menggunakan <i>Transmission Electron Microscope (TEM)</i>	81
5.3.3. Karakterisasi menggunakan <i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i>	84
5.3.3.1. Analisa Koersivitas	85
5.3.3.2. Analisa Magnetisasi dan Magnetik Anisotropi...	85
5.3.4. Karakterisasi menggunakan <i>Fourier Transform Infra Red (FTIR)</i>	90
5.4. Perbandingan Bahan Enkapsulasi PEG-4000 dan Silika terhadap Nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄	94
5.4.1. Sifat Kemagnetan	94
5.4.2. Gugus Fungsi	95
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	96
6.1. Kesimpulan	96
6.2. Saran	96
DAFTAR PUSTAKA	98
LAMPIRAN	104

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Arah domain magnetik pada material diamagnetik sebelum dan sesudah diberi medan magnet eksternal	13
Gambar 3.2	Arah domain magnetik pada material paramagnetik sebelum dan sesudah diberi medan magnet eksternal	14
Gambar 3.3	Diagram skema yang menunjukkan konfigurasi momen magnetik spin untuk ion Fe ²⁺ dan ion Fe ³⁺ dalam Fe ₃ O ₄	15
Gambar 3.4	Arah domain magnetik pada ferromagnetik	16
Gambar 3.5	Arah domain magnetik pada antiferromagnetik	17
Gambar 3.6	Kurva histerisis pada ferromagnetik.....	18
Gambar 3.7	Struktur kubik ferrite, (a) posisi ion logam dalam kristal tetrahedral, (b) posisi ion logam dalam octahedral, (c) gabungan tetrahedral dan octahedral, (d) kubik magnet.....	19
Gambar 3.8	Konfigurasi kation nanopartikel spinel <i>ferrite</i>	20
Gambar 3.9	Konfigurasi invers spinel ferit dengan struktur oktahedral dan tetrahedral	21
Gambar 3.10	Respon terhadap medan magnet luar pada partikel magnetik: (a) Partikel magnetik dibawah T_B dan (b) diatas T_B	22
Gambar 3.11	Diagram energi dari nanopartikel magnetik dengan arah spin berbeda pada ferromagnetik dan paramagnetik	23
Gambar 3.12	Sketsa enkapsulasi permukaan nanopartikel magnetik dengan tipe yang berbeda : (a) bahan inorganik, (b) molekul organik, (c) polimer organik.....	25
Gambar 3.13	Struktur PEG.....	26
Gambar 3.14	Morfologi SEM dari silika.....	27
Gambar 3.15	Ilustrasi difraksi pada bidang kristal sampel	30
Gambar 3.16	Diagram TEM dan lintasan optik	31
Gambar 3.17	Diagram skematik spektrometer infra merah.....	32
Gambar 3.18	Ilustrasi vibrasi : (a) regangan simetri, dan (b) regangan asimetri	33
Gambar 3.19	Ilustrasi 4 jenis vibrasi bengkokan yang terdiri dari (a) gunting, (b) goyangan, (c) kibasan, dan (d) pelintiran	34
Gambar 3.20	Skema VSM.....	35
Gambar 4.1	Diagram alir penelitian nanopartikel yang dienkapsulasi dengan PEG-4000.....	41

Gambar 4.2	Diagram alir penelitian nanopartikel yang dienkapsulasi Dengan silika	42
Gambar 4.3	Ilustrasi pola difraksi X-Ray.....	43
Gambar 4.4	Ilustrasi gambar TEM.....	45
Gambar 4.5	Ilustrasi grafik hubungan ukuran butir yang terukur dengan frekuensi kemunculan	45
Gambar 4.6	Geometri difraksi elektron.....	46
Gambar 4.7	Contoh pola cincin difraksi.....	47
Gambar 4.8	Ilustrasi spektroskopi IR untuk sampel Co-Ni ferit pada interval bilangan gelombang 400—4000 cm ⁻¹	48
Gambar 4.9	Ilustrasi kurva histerisis hasil pengujian VSM	49
Gambar 4.10	Ilustrasi pembesaran skala kurva histerisis untuk menentukan nilai koersivitas sampel : (a) kurva histerisis, (b) setelah pembesaran skala	50
Gambar 5.1	(a) Proses pengendapan sampel saat sintesis; (b) hasil serbuk Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ sebelum dihaluskan; (c) nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄	52
Gambar 5.2	Enkapsulasi PEG-4000 pada nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ ...	53
Gambar 5.3	Pola XRD nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ : (a) nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ , (b) nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ + 1 gram PEG, dan (c) nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ + 3 gram PEG....	53
Gambar 5.4	Pola XRD dari puncak 311 pada nanopartikel : (a) nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ , (b) n nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ + 1 gram PEG, dan (c) nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ + 3 gram PEG	54
Gambar 5.5	(a) Pengaruh strain kisi pada pola dan posisi puncak difraksi, (b) variasi pola difraksi saat strain tidak seragam ...	57
Gambar 5.6	Ilustrasi enkapsulasi PEG-4000 pada nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄	58
Gambar 5.7	Morfologi nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ : (a) sebelum dienkapsulasi, dan (b) setelah dienkapsulasi dengan 1 gram PEG-4000	61
Gambar 5.8	Hasil SAED nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ : (a) sebelum dienkapsulasi, dan (b) setelah dienkapsulasi dengan 1 gram PEG-4000	63
Gambar 5.9	<i>Hysterisis loop</i> pengujian VSM nilai magnetisasi nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄	64

Gambar 5.10	<i>Hysterisis loop</i> pengujian VSM nilai magnetisasi nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ yang dienkapsulasi dengan PEG (a) 0,5 g; (b) 1 g; (c) 1,5 g; (d) 2 g; (e) 2,5 g; dan (f) 3 g	65
Gambar 5.11	Grafik hubungan antara ukuran kristalit dan koersivitas nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ yang dienkapsulasi dengan PEG-4000	67
Gambar 5.12	Hubungan koersivitas magnetik dan ukuran partikel	67
Gambar 5.13	Hasil spektrum FTIR (a) CNF, (b) CNF + 1 g PEG, (c) CNF + 3 g PEG, dan (d) PEG-4000	71
Gambar 5.14	Ilustrasi ikatan antar atom yang dihubungkan dengan pegas	72
Gambar 5.15	Ilustrasi ikatan atom lama dan atom baru	72
Gambar 5.16	Mekanisme proses enkapsulasi nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ dengan silika	76
Gambar 5.17	Pola XRD nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ : (a) nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ , (b) nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ + 10% silika, (c) nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ + 30% silika	77
Gambar 5.18	Pola XRD dari puncak 311 pada nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ : (a) nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ , (b) nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ + 10% silika, (c) nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ + 30% silika	77
Gambar 5.19	Morfologi nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ : (a) sebelum dienkapsulasi, dan (b) setelah dienkapsulasi dengan silika ...	82
Gambar 5.20	Hasil SAED nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ : (a) sebelum dienkapsulasi, dan (b) setelah dienkapsulasi dengan silika ...	83
Gambar 5.21	<i>Hysterisis loop</i> pengujian VSM nilai magnetisasi nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ yang dienkapsulasi dengan silika (a) 5%; (b) 10%; (c) 15%; (d) 20%; (e) 30%; dan (f) 50%	84
Gambar 5.22	Grafik hubungan antara ukuran kristalit dan nilai koersivitas nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ yang dienkapsulasi dengan silika	86
Gambar 5.23	Hasil spektrum FTIR : (a) CNF, (b) CNF + 10% silika, (c) CNF + 30% silika, dan (d) silika	91

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Komposisi PEG dan sifatnya	26
Tabel 4.1	Identitas sampel dengan variasi konsentrasi PEG-4000	40
Tabel 4.2	Identitas sampel dengan variasi konsentrasi silika	40
Tabel 5.1	Perbandingan densitas X-Ray, ukuran kristalit, parameter kisi, dan <i>strain</i> dari nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ dan nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ yang dienkapsulasi dengan PEG-4000	55
Tabel 5.2	Radius ionik dan parameter kisi dalam struktur Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄	59
Tabel 5.3	Nilai koersivitas sampel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ sebelum dan setelah dienkapsulasi dengan PEG-4000	66
Tabel 5.4	Nilai magnetisasi dan magnetik anisotropi nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ sebelum dan setelah dienkapsulasi dengan PEG-4000	69
Tabel 5.5	Gugus fungsi dan bilangan gelombang FTIR nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ , PEG-4000, dan nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ + PEG-4000	73
Tabel 5.6	Perbandingan densitas X-Ray, ukuran kristalit, parameter kisi, dan <i>strain</i> dari nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ dan nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ yang dienkapsulasi dengan silika.....	78
Tabel 5.7	Radius ionik dan parameter kisi dalam struktur Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄	81
Tabel 5.8	Nilai koersivitas sampel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ sebelum dan setelah dienkapsulasi dengan silika	85
Tabel 5.9	Nilai magnetisasi dan magnetik anisotropi nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ sebelum dan setelah dienkapsulasi dengan silika.....	87
Tabel 5.10	Gugus fungsi dan bilangan gelombang FTIR nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ , silika dan nanopartikel Co _{0,5} Ni _{0,5} Fe ₂ O ₄ + silika.....	92