

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
PRAKATA	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SIMBOL DAN KONSTANTA	xv
INTISARI	xvii
ABSTRACT	xviii
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	 5
2.1 <i>Magnetite</i> (Fe ₃ O ₄)	5
2.2 Fungsionalisasi dengan Silika	6
 BAB III LANDASAN TEORI	 9
3.1 Terminologi Magnetik	9
3.2 Konsep Hysteresis Loop	10
3.3 Klasifikasi Sifat kemagnetan Material	11
3.3.1 Diamagnetik	12
3.3.2 Paramagnetik	12
3.3.3 Ferromagnetik	12
3.3.3 Ferromagnetik	12
3.3.4 Antiferromagnetik	14
3.3.5 Ferrimagnetik	15
3.4 Sifat Suerparamagnetik Material	15
3.5 Fe ₃ O ₄ dan Strukturnya	19
3.6 Silika	20
3.7 Metode Kopresipitasi	21
3.8 Fungsionalisasi Fe ₃ O ₄ dengan Silika	23
3.9 Karakterisasi Material	24
3.9.1 <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM)	24
3.9.2 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	26
3.9.3 <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR)	28

BAB IV METODE PENELITIAN	33
4.1 Alat	33
4.2 Bahan	33
4.3 Prosedur Penelitian	34
4.3.1 Persiapan Alat	34
4.3.2 Sintesis Nanopartikel Fe ₃ O ₄	34
4.3.3 Fungsionalisasi nanopartikel Fe ₃ O ₄ dengan silika	36
4.4 Karakterisasi dan Analisa Data Fe ₃ O ₄ dan Fe ₃ O ₄ yang Difungsionalisasi Dengan Silika	38
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	46
5.1 Hasil Sintesis Nanopartikel Fe ₃ O ₄ dan Fe ₃ O ₄ Setelah Dilapisi Dengan Silika	46
5.2 Karakterisasi Fe ₃ O ₄ dan Fe ₃ O ₄ Setelah Dilapisi Silika menggunakan <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	47
5.3 Karakterisasi Fe ₃ O ₄ dan Fe ₃ O ₄ Setelah Dilapisi Silika Menggunakan <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM)	51
5.3.1 Analisa pengaruh konsentrasi silika terhadap magnetisasi saturasi (<i>Ms</i>)	53
5.3.2 Analisa pengaruh konsentrasi silika terhadap Magnetisasi Remanen (<i>Mr</i>)	55
5.3.3 Analisa pengaruh konsentrasi silika terhadap Koersifitas (<i>Hc</i>)	56
5.4 Perhitungan Nilai Suseptibilitas Massa Berdasarkan Kurva <i>Hysteresis Loop</i>	59
5.5 Karakterisasi nanopartikel Fe ₃ O ₄ dan Fe ₃ O ₄ Setelah Dilapisi Dengan Silika Menggunakan <i>Forier Transform Infra Red</i> (FTIR)	61
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	67
6.1 Kesimpulan	67
6.2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN	72
Lampiran A	78
Lampiran B	

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 3.1	Kurva <i>Hysterisis loop</i>	9
Gambar 3.2	Konfigurasi atom dipol untuk material diamagnetik dengan dan tanpa medan magnet. Tanpa kehadiran medan magnet eksternal menyebabkan tidak adanya dipol, dipol terinduksi pada saat medan magnet eksternal diterapkan dan berlawanan arah dengan medan eksternal (Jiles, 1998)	12
Gambar 3.3	Arah domain magnetik pada material paramagnetik sebelum dan sesudah diberi medan magnet eksternal (Jiles, 1998)	13
Gambar 3.4	Skema ilustrasi penyelarasan atom dipol untuk material ferromagnetik tanpa ketiadaan medan magnet eksternal (Jiles, 1998)	14
Gambar 3.5	Arah domain magnetik pada antiferromagnetik (Jiles, 1998)	14
Gambar 3.6	Arah domain magnetik pada ferrimagnetik (Jiles, 1998)	15
Gambar 3.7	Transisi pada nanopartikel magnetik dari ferromagnetik ke superparamagnetik (Xu, 2009)	17
Gambar 3.8	Respon terhadap medan magnet dari partikel magnetik: (a) Partikel magnetik pada suhu dibawah T_B dan (b) Partikel magnetik pada suhu lebih tinggi dari T_B (Xu, 2009)	18
Gambar 3.9	Struktur kubik ferrit, (a) posisi ion logam dalam kristal tetrahedral (K), (b) posisi ion logam dalam octahedral (L), (c) gabungan tetrahedral dan octahedral, (d) kubik magnet (Cullity, 1972)	19
Gambar 3.10	Ilustrasi nanopartikel Fe ₃ O ₄ yang difungsionalisasi dengan silika (Naeimi, and Nafizi 2013)	24
Gambar 3.11	Diagram VSM (Gandhi, 2009)	25
Gambar 3.12	Proses terjadinya flux oleh pergerakan sampel magnet (Foner, 1985)	26
Gambar 3.13	Diagram X-Ray Difraktometer (Waseda dkk, 2011)	27
Gambar 3.14	Difraksi bidang Bragg sinar-X (Eby, 2004)	28
Gambar 3.15	Ilustrasi vibrasi regangan simetri dan asimetri (Sastromidjojo, 1991)	29

Gambar 3.17	Pembagian daerah panjang gelombang (Giwangkara, 2006)	31
Gambar 3.18	Sistem optik pada Spektrofotometer FTIR (Giwangkara, 2006)	31
Gambar 4.1	Skema sintesis nanopartikel Fe ₃ O ₄	35
Gambar 4.2	Skema fungsionalisasi nanopartikel Fe ₃ O ₄ dengan silika	37
Gambar 4.3	Perangkat XRD Shimadzu-XD (Laboratorium Kimia UGM)	38
Gambar 4.4	Teknik pengolahan data XRD (disisipi grafik hasil <i>fitting</i>)	39
Gambar 4.5	Data hasil <i>fitting</i>	39
Gambar 4.6	Puncak-puncak pada difraktogram nanopartikel Fe ₃ O ₄	40
Gambar 4.7	Perangkat VSM Riken Denshi Co Ltd (Departement of Quantum Engineering, Nagoya Univ Silikersity, Japan)	42
Gambar 4.8	Ilustrasi grafik untuk mendapatkan nilai <i>H_c</i>	43
Gambar 4.9	Perangkat IR-Spektrometer Shimadzu Prestige-21 (Laboratorium Kimia UGM)	44
Gambar 5.1	Nanopartikel Fe ₃ O ₄ yang dihasilkan dari proses sintesis dengan metode kopresipitasi (a) nanopartikel Fe ₃ O ₄ dalam medium cair di atas medan magnet, (b) nanopartikel Fe ₃ O ₄ fasa koloid, (c) nanopartikel Fe ₃ O ₄ fasa padat, dan (d) serbuk nanopartikel Fe ₃ O ₄	46
Gambar 5.2	Hasil pola spektrum XRD (a) sampel nanopartikel Fe ₃ O ₄ , (b) sampel U, dan (c) sampel R	49
Gambar 5.3	Ilustrasi nanopartikel Fe ₃ O ₄ setelah dilapisi silika ketika konsentrasi ditingkatkan	50
Gambar 5.4	Kurva histerisis pengujian VSM nanopartikel Fe ₃ O ₄	51
Gambar 5.5	Kurva histerisis pengujian VSM nanopartikel Fe ₃ O ₄ dengan pembesaran skala medan magnet -2000 Oe sampai 2000 Oe	51
Gambar 5.5	Kurva histerisis pengujina VSM (a) sampel P (Fe ₃ O ₄ dilapisi silika 50%), (b) sampel Q (Fe ₃ O ₄ dilapisi silika 30%), (c) sampel R (Fe ₃ O ₄ dilapisi silika 20%), (d) sampel S (Fe ₃ O ₄ dilapisi silika 15%), (e) sampel T (Fe ₃ O ₄ dialpsi silika 10%), (f) sampel U (Fe ₃ O ₄ dilapisi silika 5%)	52

Gambar 5.6	Pengaruh konsentrasi silika terhadap M_s	54
Gambar 5.7	Kurva histerisis pengujina VSM (a) sampel P (Fe_3O_4 dilapisi silika 50%), (b) sampel Q (Fe_3O_4 dilapisi silika 30%), (c) sampel R (Fe_3O_4 dilapisi silika 20%), (d) sampel S (Fe_3O_4 dilapisi silika 15%), (e) sampel T (Fe_3O_4 dilapisi silika 10%), (f) sampel U (Fe_3O_4 dilapisi silika 5%) dengan pembesaran skala medan magnet dari -2000 Oe sampai 2000 Oe	53
Gambar 5.8	Pengaruh konsentrasi silika terhadap M_s	54
Gambar 5.9	Grafik relasi volume fasa pengotor terhadap M_s	55
Gambar 5.10	Pengaruh konsentrasi silika terhadap M_r	56
Gambar 5.11	Pengaruh konsentrasi silika terhadap H_c	57
Gambar 5.12	Gambar 5.10 Skema ilustrasi relasi ukuran nanopartikel dengan koersivitas (Zhao, 2007)	58
Gambar 5.13	Ilustrasi mekanisme pelapisan silika pada permukaan nanopartikel Fe_3O_4	61
Gambar 5.14	Gambar 5.12 Spektrum FTIR (a) Fe_3O_4 fasa kering, (b) Silika, (c) sampel P (Fe_3O_4 dilapisi silika 50 %), (d) sampel Q (Fe_3O_4 dilapisi silika 30 %), (e) sampel R (Fe_3O_4 dilapisi silika 20 %), (f) sampel S (Fe_3O_4 dilapisi silika 15 %), (g) sampel T (Fe_3O_4 dilapisi silika 10 %), dan (h) sampel U (Fe_3O_4 dilapisi silika 5 %)	62

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 3.1	Kurva <i>Hysterisis loop</i>	9
Gambar 3.2	Konfigurasi atom dipol untuk material diamagnetik dengan dan tanpa medan magnet. Tanpa kehadiran medan magnet eksternal menyebabkan tidak adanya dipol, dipol terinduksi pada saat medan magnet eksternal diterapkan dan berlawanan arah dengan medan eksternal (Jiles, 1998)	12
Gambar 3.3	Arah domain magnetik pada material paramagnetik sebelum dan sesudah diberi medan magnet eksternal (Jiles, 1998)	13
Gambar 3.4	Skema ilustrasi penyelarasan atom dipol untuk material ferromagnetik tanpa ketiadaan medan magnet eksternal (Jiles, 1998)	14
Gambar 3.5	Arah domain magnetik pada antiferromagnetik (Jiles, 1998)	14
Gambar 3.6	Arah domain magnetik pada ferrimagnetik (Jiles, 1998)	15
Gambar 3.7	Transisi pada nanopartikel magnetik dari ferromagnetik ke superparamagnetik (Xu, 2009)	17
Gambar 3.8	Respon terhadap medan magnet dari partikel magnetik: (a) Partikel magnetik pada suhu dibawah T_B dan (b) Partikel magnetik pada suhu lebih tinggi dari T_B (Xu, 2009)	18
Gambar 3.9	Struktur kubik ferrit, (a) posisi ion logam dalam kristal tetrahedral (K), (b) posisi ion logam dalam octahedral (L), (c) gabungan tetrahedral dan octahedral, (d) kubik magnet (Cullity, 1972)	19
Gambar 3.10	Ilustrasi nanopartikel Fe_3O_4 yang difungsionalisasi dengan silika (Naeimi, and Nafizi 2013)	24
Gambar 3.11	Diagram VSM (Gandhi, 2009)	25
Gambar 3.12	Proses terjadinya flux oleh pergerakan sampel magnet (Foner, 1985)	26
Gambar 3.13	Diagram X-Ray Difraktometer (Waseda dkk, 2011)	27
Gambar 3.14	Difraksi bidang Bragg sinar-X (Eby, 2004)	28
Gambar 3.15	Ilustrasi vibrasi regangan simetri dan asimetri (Sastromidjojo, 1991)	29

Gambar 3.17	Pembagian daerah panjang gelombang (Giwangkara, 2006)	31
Gambar 3.18	Sistem optik pada Spektrofotometer FTIR (Giwangkara, 2006)	31
Gambar 4.1	Skema sintesis nanopartikel Fe ₃ O ₄	35
Gambar 4.2	Skema fungsionalisasi nanopartikel Fe ₃ O ₄ dengan silika	37
Gambar 4.3	Perangkat XRD Shimadzu-XD (Laboratorium Kimia UGM)	38
Gambar 4.4	Teknik pengolahan data XRD (disisipi grafik hasil <i>fitting</i>)	39
Gambar 4.5	Data hasil <i>fitting</i>	39
Gambar 4.6	Puncak-puncak pada difraktogram nanopartikel Fe ₃ O ₄	40
Gambar 4.7	Perangkat VSM Riken Denshi Co Ltd (Departement of Quantum Engineering, Nagoya Univ Silikersity, Japan)	42
Gambar 4.8	Ilustrasi grafik untuk mendapatkan nilai <i>H_c</i>	43
Gambar 4.9	Perangkat IR-Spektrometer Shimadzu Prestige-21 (Laboratorium Kimia UGM)	44
Gambar 5.1	Nanopartikel Fe ₃ O ₄ yang dihasilkan dari proses sintesis dengan metode kopresipitasi (a) nanopartikel Fe ₃ O ₄ dalam medium cair di atas medan magnet, (b) nanopartikel Fe ₃ O ₄ fasa koloid, (c) nanopartikel Fe ₃ O ₄ fasa padat, dan (d) serbuk nanopartikel Fe ₃ O ₄	46
Gambar 5.2	Hasil pola spektrum XRD (a) sampel nanopartikel Fe ₃ O ₄ , (b) sampel U, dan (c) sampel R	49
Gambar 5.3	Ilustrasi nanopartikel Fe ₃ O ₄ setelah dilapisi silika ketika konsentrasi ditingkatkan	50
Gambar 5.4	Kurva histerisis pengujian VSM nanopartikel Fe ₃ O ₄	51
Gambar 5.5	Kurva histerisis pengujian VSM nanopartikel Fe ₃ O ₄ dengan pembesaran skala medan magnet -2000 Oe sampai 2000 Oe	51
Gambar 5.5	Kurva histerisis pengujina VSM (a) sampel P (Fe ₃ O ₄ dilapisi silika 50%), (b) sampel Q (Fe ₃ O ₄ dilapisi silika 30%), (c) sampel R (Fe ₃ O ₄ dilapisi silika 20%), (d) sampel S (Fe ₃ O ₄ dilapisi silika 15%), (e) sampel T (Fe ₃ O ₄ dialpsi silika 10%), (f) sampel U (Fe ₃ O ₄ dilapisi silika 5%)	52

Gambar 5.6	Pengaruh konsentrasi silika terhadap M_s	54
Gambar 5.7	Kurva histerisis pengujina VSM (a) sampel P (Fe_3O_4 dilapisi silika 50%), (b) sampel Q (Fe_3O_4 dilapisi silika 30%), (c) sampel R (Fe_3O_4 dilapisi silika 20%), (d) sampel S (Fe_3O_4 dilapisi silika 15%), (e) sampel T (Fe_3O_4 dilapisi silika 10%), (f) sampel U (Fe_3O_4 dilapisi silika 5%) dengan pembesaran skala medan magnet dari -2000 Oe sampai 2000 Oe	53
Gambar 5.8	Pengaruh konsentrasi silika terhadap M_s	54
Gambar 5.9	Grafik relasi volume fasa pengotor terhadap M_s	55
Gambar 5.10	Pengaruh konsentrasi silika terhadap M_r	56
Gambar 5.11	Pengaruh konsentrasi silika terhadap H_c	57
Gambar 5.12	Gambar 5.10 Skema ilustrasi relasi ukuran nanopartikel dengan koersivitas (Zhao, 2007)	58
Gambar 5.13	Ilustrasi mekanisme pelapisan silika pada permukaan nanopartikel Fe_3O_4	61
Gambar 5.14	Gambar 5.12 Spektrum FTIR (a) Fe_3O_4 fasa kering, (b) Silika, (c) sampel P (Fe_3O_4 dilapisi silika 50 %), (d) sampel Q (Fe_3O_4 dilapisi silika 30 %), (e) sampel R (Fe_3O_4 dilapisi silika 20 %), (f) sampel S (Fe_3O_4 dilapisi silika 15 %), (g) sampel T (Fe_3O_4 dilapisi silika 10 %), dan (h) sampel U (Fe_3O_4 dilapisi silika 5 %)	62

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 4.1	Parameter variasi konsentrasi silika (%)	36
Tabel 4.2	Sudut difraksi puncak karakteristik nanopartikel Fe ₃ O ₄	41
Tabel 4.3	Tabel gugus fungsi Fe ₃ O ₄ dan Fe ₃ O ₄ dilapisi silika	45
Tabel 5.1	Estimasi ukuran partikel sampel nanopartikel Fe ₃ O ₄ , dan Fe ₃ O ₄ setelah dilapisi dengan silika yaitu sampel R dan sampel U	49
Tabel 5.2	Suseptibilitas massa tiap sampel	60
Tabel 5.3	Tabel gugus fungsi dan bilangan gelombang hasil analisa FTIR untuk sampel nanopartikel Fe ₃ O ₄ dan Fe ₃ O ₄ setelah dilapisi dengan silika	63

DAFTAR SIMBOL DAN KONSTANTA

χ	Suseptibilitas
M	Magnetisasi
H	Medan magnet eksternal
B	Induksi magnet
μ_0	Permeabilitas dalam vakum
μ	Permeabilitas dalam medium
μ_r	Permeabilitas relatif
M_s	Magnetik saturasi
M_r	Magnetik residu
H_c	Medan koersivitas
B_s	Kerapatan fluks saturasi
τ	Waktu relaksasi
τ_0	Waktu awal
ΔE	Energi <i>barrier</i>
$k_B T$	Energi termal
V	Volume
T	Suhu
T_B	Suhu <i>blocking</i>
τ_m	Waktu pengukuran
a	Tetapan kekisi
t	Waktu
ω	Frekuensi sudut
f	Frekuensi dalam Hertz
θ	Sudut
d	Jarak antar bidang kristal
λ	Panjang gelombang
t	Diameter partikel
L	Lebar garis pada <i>full width hight maximum</i> (FWHM)

