

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | ii |
| HALAMAN PERNYATAAN..... | iii |
| MOTTO DAN PERSEMBAHAN..... | iv |
| PRAKATA..... | v |
| DAFTAR ISI..... | vii |
| DAFTAR GAMBAR..... | ix |
| DAFTAR TABEL..... | xi |
| INTISARI..... | xii |
| ABSTRACT..... | xiii |
| BAB I. PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1. Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2. Perumusan 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 |
| BAB III. LANDASAN TEORI..... | 13 |
| 3.1. Dasar-dasar kemagnetan bahan..... | 13 |
| 3.2. Feromagnetik..... | 15 |
| 3.3. Nanopartikel magnetik dan sifat superparamagnetik..... | 16 |
| 3.4. Nanopartikel <i>magnesium ferrite</i> (MgFe ₂ O ₄)..... | 19 |
| 3.5. Bahan enkapsulasi..... | 21 |
| 3.6. <i>Polyethylene Glycol</i> (PEG)..... | 21 |
| 3.7. Metode Kopresipitasi..... | 23 |
| 3.8. Adsorben Nanopartikel Magnetik..... | 25 |
| 3.9. Metode Adsorpsi..... | 27 |
| 3.10. Gaya Van Der Waals..... | 30 |
| 3.11. Teknik Pengukuran..... | 31 |
| 3.12. Logam berat..... | 38 |
| 3.13. Rumus perhitungan efektivitas penyaringan..... | 40 |
| BAB IV. METODE PENELITIAN..... | 41 |
| 4.1. Waktu dan Tempat Penelitian..... | 41 |
| 4.2. Bahan Penelitian..... | 41 |
| 4.3. Alat Penelitian..... | 41 |
| 4.4. Prosedur Penelitian..... | 42 |
| 4.5. Teknik Analisa Data..... | 49 |
| BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 53 |
| 5.1. Hasil sintesis Nanopartikel MgFe ₂ O ₄ | 53 |
| 5.1.1. Karakteristik sampel dengan <i>X-Ray</i> | 53 |

| | |
|---|----|
| <i>Diffractometer (XRD)</i> | |
| 5.1.2. Karakterisasi menggunakan <i>Transmission Electron microscopy (TEM)</i> | 54 |
| 5.1.3. <i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i> | 56 |
| 5.2. Adsorpsi Ion Logam Fe(II), Ni(II), dan Cu(II) pada Adsorben MgFe ₂ O ₄ | 58 |
| 5.2.1. Pengaruh suhu terhadap efisiensi adsorpsi... | 59 |
| 5.2.2. Pengaruh lama pengadukan terhadap efisiensi adsorpsi..... | 61 |
| 5.2.3. Variasi konsentrasi adsorben terhadap efisiensi adsorpsi..... | 64 |
| 5.2.4. Pengaruh readsorpsi terhadap efisiensi adsorpsi..... | 66 |
| 5.2.5. Pengaruh fungsionalisasi nanopartikel MgFe ₂ O ₄ dengan PEG-4000..... | 68 |
| BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN | 69 |
| 6.1. Kesimpulan..... | 81 |
| 6.2. Saran..... | 81 |
| DAFTAR PUSTAKA | 82 |
| LAMPIRAN | 83 |
| | 88 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|---|----|
| Gambar 2.1 | Adsorpsi <i>isotherm</i> dari SO ₂ pada variasi adsorben dengan temperatur 298 K dan 473 K (Zhao dkk, 2010)..... | 10 |
| Gambar 3.1 | Gerakan electron berputar mengelilingi inti (Callister, 2007).. | 13 |
| Gambar 3.2 | Konfigurasi momen magnetik material feromagnetik tanpa adanya medan magnet eksternal (Kotnala dan Shah, 2014) | 15 |
| Gambar 3.3 | Diagram energi partikel magnetik (a) partikel domain tunggal dan (b) partikel banyak domain (Xu, 2009) | 17 |
| Gambar 3.4 | 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 (Pankhurst dkk, 2003)..... | 19 |
| Gambar 3.5 | (a) struktur tetrahedral dan (b) struktur oktahedral (Cornell dan Schwertmann, 2003)..... | 20 |
| Gambar 3.6 | Struktur normal spinel..... | 20 |
| Gambar 3.7 | Struktur MgFe ₂ O ₄ (Antao dkk, 2005)..... | 21 |
| Gambar 3.8 | sketsa enkapsulasi permukaan nanopartikel magnetik dengan tipe yang berbeda: (a) bahan inorganik; (b) molekul organik; (c) polimer organik..... | 22 |
| Gambar 3.9 | Struktur PEG-4000 (John dkk, 2012)..... | 23 |
| Gambar 3.10 | proses adsorpsi menggunakan adsorben magnetik (Willet, 2009)..... | 27 |
| Gambar 3.11 | Proses pemisahan sedimen hasil adsorpsi dengan bantuan medan magnet eksternal (Willet, 2009)..... | 27 |
| Gambar 3.12 | Diagram X-Ray difraktometer, T = sumber sinar-X, S = sampel, C = detector, O = sumbu dimana sampel dan detektor berotasi (Callister dan Rethwisch, 2009)..... | 31 |
| Gambar 3.13 | Difraksi bidang sinar-X (Callister dan Rethwisch, 2009)..... | 33 |
| Gambar 3.14 | Skema <i>Transmission ElectronMicroscopy</i> (Nurdila, 2015)... | 35 |
| Gambar 3.15 | Proses atomisasi (Day dan Underwood (2001)..... | 37 |
| Gambar 3.16 | Prinsip kerja AAS (Perkin-Elmer, 1996)..... | 38 |
| Gambar 4.1 | Skema penelitian..... | 42 |
| Gambar 4.2 | Skema sintesis adsorben nanopartikel MgFe ₂ O ₄ | 44 |
| Gambar 4.3 | Ilustrasi spektrum puncak MgFe ₂ O ₄ dari pengujian XRD..... | 48 |
| Gambar 4.4 | Ilustrasi gambar butiran MgFe ₂ O ₄ | 50 |
| Gambar 4.5 | Grafik hubungan dengan ukuran butir yang terukur dengan frekuensi kemunculannya | 50 |
| Gambar 4.6 | Contoh pola cincin difraksi | 51 |
| Gambar 5.1 | Sampel nanopartikel MgFe ₂ O ₄ (a) nanopartikel MgFe ₂ O ₄ dalam medium cair (b) serbuk nanopartikel MgFe ₂ O ₄ | 53 |
| Gambar 5.2 | Pola spektrum XRD pada sampel MgFe ₂ O ₄ | 54 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 5.3 | Morfologi dan pola difraksi MgFe ₂ O ₄ | 56 |
| Gambar 5.4 | Karakterisasi MgFe ₂ O ₄ menggunakan <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM) (Hermawan, 2015)..... | 57 |
| Gambar 5.5 | (a) limbah sebelum diadsorpsi dan (b) limbah setelah diadsorpsi..... | 58 |
| Gambar 5.6 | Ilustrasi proses enkapsulasi nanopartikel dengan PEG-4000 (Puspitarum, 2015) | 69 |
| Gambar 5.7 | Pola spektrum XRD sampel MgFe ₂ O ₄ dan MgFe ₂ O ₄ yang dienkapsulasi dengan PEG-4000 (Puspitarum, 2015)..... | 69 |
| Gambar 5.8 | MgFe ₂ O ₄ setelah dilapisi PEG-4000 (Puspitarum, 2015)..... | 73 |
| Gambar 5.9 | Karakterisasi MgFe ₂ O ₄ , MgFe ₂ O ₄ + PEG-4000, dan PEG-4000 menggunakan <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR) (Puspitarum, 2015)..... | 74 |
| Gambar 5.10 | Spektrum FTIR (a) MgFe ₂ O ₄ , (b) MgFe ₂ O ₄ +silika (50%), dan (c) silika..... | 75 |
| Gambar 5.11 | Kurva histerisis pengujian VSM (nilai koersivitas) nanopartikel MgFe ₂ O ₄ untuk sampel 1) MgFe ₂ O ₄ ; 2) P; 3) Q; 4) R; 5) S; 6) T; 7)U..... | 78 |
| Gambar 5.12 | Kurva histerisis pengujian VSM (nilai magnetisasi saturasi) nanopartikel MgFe ₂ O ₄ untuk sampel 1) MgFe ₂ O ₄ ; 2) P; 3) Q; 4) R; 5) S; 6) T; 7) U..... | 79 |
| Gambar 5.13 | Ilustrasi enkapsulasi nanopartikel MgFe ₂ O ₄ oleh silika (a) sebelum enkapsulasi; (b) setelah enkapsulasi | 80 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|------------|--|----|
| Tabel 3.1 | Komposisi PEG dan sifatnya | 23 |
| Tabel 3.2 | Luas permukaan adsorben nanopartikel magnetik berdasarkan teori BET (Ali, 2012)..... | 26 |
| Tabel 3.3 | Batas ambang maksimum logam berat dalam air | 39 |
| Tabel 4.1. | Parameter sampel dengan variasi suhu..... | 46 |
| Tabel 4.2. | Parameter sampel dengan variasi lama pengadukan | 46 |
| Tabel 4.3. | Parameter sampel dengan variasi konsentrasi | 47 |
| Tabel 4.4. | Parameter sampel dengan variasi pelapisan MgFe ₂ O ₄ dengan PEG-4000..... | 47 |
| Tabel 4.5. | Parameter sampel dengan variasi readsorpsi..... | 47 |
| Tabel 5.1 | Hasil pengaruh variasi suhu terhadap efisiensi adsorpsi..... | 61 |
| Tabel 5.2 | Hasil pengaruh lama waktu pengadukan terhadap efisiensi adsorpsi | 64 |
| Tabel 5.3 | Hasil pengaruh variasi konsentrasi terhadap efisiensi adsorpsi | 65 |
| Tabel 5.4 | Hasil pengaruh readsorpsi terhadap efisiensi adsorpsi | 67 |
| Tabel 5.5 | Rasio fasa sampel MgFe ₂ O ₄ sebelum dan sesudah dilapisi dengan PEG-4000..... | 70 |
| Tabel 5.6 | Hasil analisa nanopartikel MgFe ₂ O ₄ + PEG-4000 (Puspitarum, 2015)..... | 71 |
| Tabel 5.7 | Jenis ikatan (gugus fungsi), jenis vibrasi, dan bilangan gelombang sampel MgFe ₂ O ₄ , PEG-4000, MgFe ₂ O ₄ + PEG-4000 (Puspitarum, 2015)..... | 75 |
| Tabel 5.8 | Hasil pengaruh pelapisan adsorben dengan PEG-4000 terhadap efisiensi adsorpsi..... | 77 |