

TESIS

**PENGEMBANGAN ALGINAT-TANAH DIATOMAE BEAD  
YANG DIMODIFIKASI DENGAN MALEAT ANHIDRIDA  
DAN FTALAT ANHIDRIDA UNTUK PEMISAHAN  
MAGNETIK MINYAK DARI AIR**



KKC KK  
TK.07/20  
Ind  
P

NINDAYU INDRASARI

NIM. 081724253003

**PROGRAM STUDI MAGISTER KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS AIRLANGGA**

**2020**

**PENGEMBANGAN ALGINAT-TANAH DIATOMAE BEAD YANG  
DIMODIFIKASI DENGAN MALEAT ANHIDRIDA DAN FTALAT  
ANHIDRIDA UNTUK PEMISAHAN MAGNETIK MINYAK DARI AIR**

**TESIS**

Untuk memperoleh Gelar Magister  
Dalam Program Studi Magister Kimia  
Pada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga

Oleh:

NINDAYU INDRASARI  
NIM. 081724253003

**PROGRAM STUDI MAGISTER KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS AIRLANGGA**

Tanggal 20 Januari 2020

HALAMAN PENGESAHAN

TESIS

**PENGEMBANGAN ALGINAT-TANAH DIATOMAE BEAD YANG  
DIMODIFIKASI DENGAN MALEAT ANHIDRIDA DAN FTALAT  
ANHIDRIDA UNTUK PEMISAHAN MAGNETIK MINYAK DARI AIR**

Disusun oleh:  
NINDAYU INDRASARI  
NIM. 081724253003

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji  
Dan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Magister  
Kimia  
Pada tanggal 20 Januari 2020

Oleh :

Pembimbing I,

Pembimbing II,

  
**Mochamad Zakki Fahmi, M.Si., Ph.D.**  
NIP. 198307022009121005

  
**Dr. Abdulloh, M.Si**  
NIP. 197104231997021001

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Magister Kimia  
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga

  
**Mochamad Zakki Fahmi, M.Si., Ph.D.**  
NIP. 198307022009121005

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul **“Pengembangan Alginat-Tanah Diatomae Bead Yang Dimodifikasi Dengan Maleat Anhidrida dan Ftalat Anhidrida Untuk Pemisahan Magnetik Minyak Dari Air”** dengan baik. Tesis ini disusun untuk memenuhi persyaratan kelulusan menjadi magister sains bidang kimia, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga, Surabaya.

Penulisan naskah tesis ini dapat diselesaikan dengan dukungan, bimbingan, dan bantuan dari banyak pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Mochamad Zakki Fahmi, M.Si., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I dan Dosen Wali Program Studi Magister Kimia, yang telah memberikan bantuan dan bimbingan selama penelitian sehingga naskah tesis ini dapat selesai tepat waktu.
2. Bapak Abdulloh, M.Si selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan penjelasan, kritik, dan saran untuk naskah tesis ini.
3. Bapak Satya Candra Wibawa Sakti, M.Si., Ph.D. selaku dosen Penguji I sekaligus pembimbing penelitian ini, sehingga penelitian ini bisa berjalan dengan baik sampai tahap akhir.
4. Ibu Alfa Akustia Widati, S.Si, M.Si (Penguji II) dan Bapak Imam Siswanto, M.Si (Penguji III) yang telah memberikan penjelasan, kritik, dan saran untuk naskah tesis ini.
5. Bapak Prof. Dr. Purkan, M.Si selaku ketua Departemen Kimia Fakultas Sains dan Teknologi yang senantiasa memberikan motivasi kepada mahasiswa/i selama perkuliahan.
6. Seluruh dosen Program Studi Magister Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat bagi penulis.
7. Ibu Suprih Sri Utami, Bapak Slamet Riyadi, Mas Fendi Feria Anggara dan keluarga yang selalu sayang serta mendukung, memotivasi, memberikan dukungan baik moral maupun material untuk menyelesaikan penelitian tesis ini.
8. penulis hingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan baik.
9. Seluruh teman S2-Kimia angkatan 2017 genap yang selalu memberikan semangat dan dukungan kepada penulis.
10. Seluruh laboran kimia yang selalu sabar membantu penulis ketika kesulitan alat dan bahan.
11. Renzy hayu, Tri Prasetyo, Denika, Nuna, Alif, dan teman-teman rasa

saudara lainnya dan semua pihak yang tidak bisa disebutkan penulis satu persatu yang telah membantu selama penelitian dan penyelesaian tesis.

12. Bapak parker FST yang senantiasa sabar ketika penulis lupa tidak memnbawa STNK.
13. Semua pihak yang telah membantu penulisan tesis ini.

Penulis menyadari bahwa naskah tesis ini memiliki banyak kekurangan, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dan penelitian ini dapat memberikan manfaat dalam pengembangan ilmu pada bidang kimia terutama kimia material dan lingkungan.

Surabaya, 20 Januari 2020

Penulis,

Nindayu Indrasari

**Indrasari, Nindayu, 2020, Pengembangan Alginat-Tanah Diatomae Bead Yang Dimodifikasi Dengan Maleat Anhidrida Dan Ftalat Anhidrida Untuk Pemisahan Magnetik Minyak Dari Air, tesis ini di bawah bimbingan Mochamad Zakki Fahmi, M.Si., Ph.D. dan Dr. Abdulloh, M.Si., Departemen Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.**

## ABSTRAK

Pada penelitian ini magnetik alginat *gel bead*-diatomae disintesis dan digunakan sebagai adsorpsi minyak. Magnetik alginat *gel bead*-diatomae untuk selanjutnya diproses secara kimia yaitu dimodifikasi dengan maleat anhidrida dan ftalat anhidrida melalui proses reaksi esterifikasi. Sifat kimia dari magnetik alginat *gel bead*-diatomae termodifikasi maleat anhidrida dan ftalat anhidrida (MAGB, MAGB-D, MAGB-DM dan MAGB-DF) diselidiki melalui beberapa karakterisasi yaitu spektroskopi inframerah (FTIR), analisis termogravimetri (TGA), difraksi sinar X-Ray (XRD), *scanning electron microscope equipped with energy dispersive X-ray spectrophotometer* (SEM-EDX) sedangkan sifat magnetik diperiksa dengan *Vibrating sample magnetometer* (VSM). MAGB, MAGB-D, MAGB-DM dan MAGB-DF bekerja dengan baik sebagai adsorpsi minyak di permukaan air laut dalam kondisi asam, netral, dan basa dengan kapasitas ( $q_{max}$ ) dan paling baik nilai korelasi ( $R^2$ ) berdasarkan model isoterm Langmuir, Freundlich, Dubinin-radushkevich, Sips dan Rudlich-Peterson. Studi kinetika menunjukkan bahwa perlakuan tumpahan minyak diikuti oleh *pseudo-first order* (PFO), *pseudo-second order* (PSO), difusi intrapartikel (IPD) dan Elovich dengan laju kinetika yang sangat cepat dari adsorpsi minyak. Regenerasi MAGB, MAGB-D, MAGB-DM dan MAGB-DF dilakukan dengan mencuci sampel menggunakan etanol, heksana dan aquabides secara bergantian dan digunakan untuk 1 – 10 siklus adsorpsi minyak tanpa kehilangan sifat adsorpsinya. Rekoleksi tumpahan minyak, penerapannya dalam rentang pH yang lebih luas dan regenerasi serta penggunaan ulang yang mudah menjadikan MAGB, MAGB-D, MAGB-DM dan MAGB-DF adalah bahan prospektif sebagai magnetik tumpahan minyak pada permukaan air laut.

**Kata kunci :** tumpahan minyak; alginat bead; magnetik; tanah diatomae; maleat anhidrida; ftalat anhidrida.



**Indrasari, Nindayu, 2020, Development Alginate Bead Floating Of Diatomaceous Earth, Maleic Anhydride And Phthalic Anhydride For Magnetic Separation Of Oil, this final project is under guidance of Mochamad Zakki Fahmi, M.Si., Ph.D. and Dr. Abdulloh, M.Si., Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Universitas Airlangga, Surabaya.**

### ABSTRACT

In this study magnetic alginate gel bead-diatomae was synthesized and used as oil adsorption. Magnetic alginate gel bead-diatomae is further processed chemically that's modified with maleic anhydride and phthalic anhydride through the esterification reaction process. The chemical properties of magnetic alginate gel bead-diatomae modified maleic anhydride and phthalic anhydride (MAGB, MAGB-D, MAGB-DM and MAGB-DF) were investigated through several characterizations are infrared spectroscopy (FTIR), thermogravimetric analysis (TGA), X-Ray diffraction (XRD), scanning electron microscope equipped with energy dispersive X-ray spectrophotometer (SEM-EDX) while magnetic properties are examined by Vibrating sample magnetometer (VSM). MAGB, MAGB-D, MAGB-DM and MAGB-DF work well as adsorption of oil on the surface of sea water in acidic, neutral, and alkaline conditions with capacity ( $q_{max}$ ) and the best correlation ( $R^2$ ) on the Langmuir, Freundlich, Dubinin-radushkevich, Sips and Rudlich-Peterson isotherm conditions. Kinetic studies show that oil spill treatment is followed by pseudo-first order (PFO), pseudo-second order (PSO), intraparticle diffusion (IPD) and Elovich with very fast kinetics rate of oil adsorption. Regeneration of MAGB, MAGB-D, MAGB-DM and MAGB-DF is done by washing samples using ethanol, hexane and aquabides alternately and used for 1 - 10 cycles of oil adsorption without losing the adsorption properties. Recollection of oil spills, its application in a wider pH range and regeneration and easy reuse makes MAGB, MAGB-D, MAGB-DM and MAGB-DF are prospective materials as magnetic oil spills on the surface of sea water.

**Keywords :** Oil spill; alginate bead; magnetite; diatomaceous earth; maleic anhydride; phthalic anhydride.



### LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Nindayu Indrasari  
NIM : 081724253003  
Program Studi : Kimia  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Jenjang : Magister (S2)



Menyatakan bahwa tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penulisan tesis saya yang berjudul:

**PENGEMBANGAN ALGINAT-TANAH DIATOMAE BEAD YANG DIMODIFIKASI DENGAN MALEAT ANHIDRIDA DAN FTALAT ANHIDRIDA UNTUK PEMISAHAN MAGNETIK MINYAK DARI AIR**

Apabila suatu saat nanti terbukti melakukan tindakan plagiat, maka saya akan menerima sanksi yang telah diterapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 20 Januari 2020



Nindayu Indrasari  
NIM. 081724253003

## DAFTAR ISI

|                                                                                | <b>Halaman</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b> .....                                                     | i              |
| <b>PRASYARAT GELAR</b> .....                                                   | ii             |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....                                                | iii            |
| <b>UCAPAN TERIMA KASIH</b> .....                                               | iv             |
| <b>ABSTRAK</b> .....                                                           | vi             |
| <b>ABSTRACT</b> .....                                                          | vii            |
| <b>LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....                                    | viii           |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                                                        | ix             |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                                                      | xii            |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                                                     | xiii           |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....                                                   | xvi            |
| <br><b>BAB I PENDAHULUAN</b>                                                   |                |
| 1.1 Latar Belakang .....                                                       | 1              |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                                      | 6              |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....                                                    | 6              |
| 1.3.1 Tujuan Umum .....                                                        | 6              |
| 1.3.2 Tujuan Khusus .....                                                      | 6              |
| 1.4 Manfaat Penelitian .....                                                   | 7              |
| <br><b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>                                             |                |
| 2.1 Alginat .....                                                              | 8              |
| 2.2 Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) .....                                 | 9              |
| 2.3 Natrium Bikarbonat ( $\text{NaHCO}_3$ ) .....                              | 10             |
| 2.4 Kalsium Karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) .....                                 | 11             |
| 2.5 Tanah Diatomae .....                                                       | 12             |
| 2.6 Maleat Anhidrida .....                                                     | 12             |
| 2.7 Ftalat Anhidrida .....                                                     | 13             |
| 2.8 Kapasitas Adsorpsi Minyak .....                                            | 13             |
| 2.9 Karakterisasi Material .....                                               | 14             |
| 2.9.1 <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) .....                          | 14             |
| 2.9.2 <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FT-IR) <i>Spectrofotometer</i> ..... | 15             |
| 2.9.3 <i>X-Ray Diffractometer</i> (XRD) .....                                  | 16             |
| 2.9.4 <i>Thermo Gravimetric Analyzer</i> (TGA) .....                           | 17             |

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| 2.9.5 <i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i> ..... | 18 |
|--------------------------------------------------------|----|

### **BAB III KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS PENELITIAN**

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 3.1 Kerangka Konseptual ..... | 20 |
| 3.2 Hipotesis Penelitian..... | 23 |

### **BAB IV METODE PENELITIAN**

|                                                                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....                                                                                                            | 24 |
| 4.2 Alat dan Bahan Penelitian.....                                                                                                               | 24 |
| 4.2.1 Alat-alat Penelitian.....                                                                                                                  | 24 |
| 4.2.2 Bahan-bahan Penelitian.....                                                                                                                | 25 |
| 4.3 Diagram Alir Penelitian .....                                                                                                                | 26 |
| 4.4 Prosedur Penelitian.....                                                                                                                     | 27 |
| 4.4.1 Preparasi Sampel.....                                                                                                                      | 27 |
| a.Preparasi Alginat <i>Bead</i> (AGB).....                                                                                                       | 27 |
| b.Preparasi Magnetik Alginat <i>Gel-Bead-Tanah Diatomae</i> (MAGB-D).....                                                                        | 27 |
| c.Proses Modifikasi Magnetik Alginat <i>Gel-Bead-Tanah Diatomae</i> Menggunakan Maleat Anhidrida dan Ftalat Anhidrida (MAGB-DM dan MAGB-DF)..... | 27 |
| d.Proses Distribusi Ukuran dan Uji Keterapungan Terhadap Masing-masing <i>Bead</i> .....                                                         | 28 |
| e.Proses Uji Swelling .....                                                                                                                      | 28 |
| 4.5 Karakterisasi.....                                                                                                                           | 29 |
| 4.5.1 <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) .....                                                                                            | 29 |
| 4.5.2 <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FT-IR) <i>Spectrofotometer</i> .....                                                                   | 29 |
| 4.5.3 <i>X-Ray Diffractometer</i> (XRD).....                                                                                                     | 29 |
| 4.5.4 <i>Thermo Gravimetric Analyzer</i> (TGA).....                                                                                              | 30 |
| 4.5.5 <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM).....                                                                                            | 30 |
| 4.6 Adsorpsi Minyak Secara Magnetik.....                                                                                                         | 30 |
| 4.7 Proses Aplikasi Adsorpsi Minyak Secara Magnetik dalam Air dan Air Laut dengan Material Adsorben .....                                        | 33 |

### **BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN**

|                                                                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.1 Sintesis Magnetik Alginat <i>Gel-Bead-Tanah Diatomae</i> (MAGB-D) .....                                                                         | 35 |
| 5.1.1 Hasil Modifikasi Magnetik Alginat <i>Gel Bead-Tanah Diatomae</i> Menggunakan Maleat Anhidrida dan Ftalat Anhidrida (MaGB-DM dan MAGB-DF)..... | 36 |
| 5.1.2 Distribusi Ukuran dan Keterapungan <i>Bead</i> di Dalam Air dan Air Laut .....                                                                | 37 |
| 5.1.3 Hasil Uji Swelling Terhadap Masing-masing <i>Bead</i> dengan Media Air dan Air Laut.....                                                      | 39 |
| 5.2 Karakterisasi Material Adsorben.....                                                                                                            | 40 |

|                                        |                                                                                                                                           |           |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 5.2.1                                  | Hasil Penentuan Sistem Kristal Material Adsorben Dengan Menggunakan <i>X-ray Diffractometer</i> (XRD).....                                | 40        |
| 5.2.2                                  | Hasil Penentuan Gugus Fungsi Material Adsorben Dengan Menggunakan <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR) <i>Spectrofotometer</i> ..... | 41        |
| 5.2.3                                  | Hasil Penentuan Morfologi Material Adsorben Dengan Menggunakan <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....                             | 43        |
| 5.2.4                                  | Hasil Penentuan Stabilitas Material Adsorben Dengan Menggunakan <i>Thermo Gravimetric Analyzer</i> (TGA).....                             | 46        |
| 5.2.5                                  | Hasil Penentuan Sifat Kemagnetan Material Adsorben Dengan Menggunakan <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM) .....                    | 47        |
| 5.3                                    | Hasil Adsorpsi Minyak Secara Magnetik .....                                                                                               | 48        |
| 5.3.1                                  | Pengaruh Variasi pH Terhadap Adsorpsi Minyak Secara Magnetik Oleh Material Adsorben.....                                                  | 48        |
| 5.3.2                                  | Pengaruh Variasi Waktu Kontak Terhadap Adsorpsi Minyak Secara Magnetik Oleh Material Adsorben .....                                       | 51        |
| 5.3.3                                  | Pengaruh Variasi Konsentrasi Minyak Terhadap Adsorpsi Minyak Secara Magnetik Oleh Material Adsorben .....                                 | 56        |
| 5.4                                    | Aplikasi Adsorpsi Minyak Secara Magnetik Dalam Air Dan Air Laut dengan Material Adsorben .....                                            | 60        |
| <br><b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b> |                                                                                                                                           |           |
| 6.1                                    | Kesimpulan .....                                                                                                                          | 62        |
| 6.2                                    | Saran.....                                                                                                                                | 63        |
| <br><b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>         |                                                                                                                                           | <b>64</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>                   |                                                                                                                                           | <b>71</b> |

**DAFTAR TABEL**

| <b>Nomor</b> | <b>Judul Tabel</b>                                                                                                              | <b>Halaman</b> |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 1            | Nilai kandungan mineral dari analisis SEM-EDX oleh masing-masing material                                                       | 44             |
| 2            | Nilai magnetisasi saturasi dari masing-masing material                                                                          | 48             |
| 3            | Nilai parameter adsorpsi dengan menggunakan model kinetika PFO, PSO, IPD dan Elovich                                            | 53             |
| 4            | Nilai parameter adsorpsi dengan menggunakan model isoterm Langmuir, Freundlich, Dubinin-Radushkevich, Sips dan Redlich-Peterson | 58             |

## DAFTAR GAMBAR

| Nomor | Judul gambar                                                                                                                                  | Halaman |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 2.1   | Struktur senyawa alginat                                                                                                                      | 8       |
| 2.2   | Struktur senyawa natrium alginat                                                                                                              | 9       |
| 2.3   | Struktur senyawa kimia magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )                                                                                   | 10      |
| 2.4   | Struktur kimia natrium bikarbonat ( $\text{NaHCO}_3$ )                                                                                        | 10      |
| 2.5   | Struktur kimia kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ )                                                                                           | 11      |
| 2.6   | Tanah diatomae ( <i>Diatomaceous Earth</i> )                                                                                                  | 12      |
| 2.7   | Struktur senyawa maleat anhidrida ( $\text{C}_4\text{H}_2\text{O}_3$ )                                                                        | 13      |
| 2.8   | Struktur senyawa ftalat anhidrida ( $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CO})_2\text{O}$ )                                                             | 13      |
| 2.9   | Prinsip kerja <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)                                                                                       | 15      |
| 2.10  | Prinsip kerja <i>Fourier Transform Infra Red Spectrofotometer</i> (FT-IR)                                                                     | 16      |
| 2.11  | Diagram sinar-X                                                                                                                               | 16      |
| 2.12  | Prinsip kerja <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)                                                                                                  | 17      |
| 2.13  | Skema alat <i>Thermo Gravimetric Analyzer</i> (TGA)                                                                                           | 18      |
| 2.14  | Skema alat <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM)                                                                                         | 19      |
| 3.1   | Gambar diagram kerangka konseptual                                                                                                            | 22      |
| 4.1   | Diagram alir penelitian                                                                                                                       | 26      |
| 4.2   | Ilustrasi modifikasi magnetik alginat <i>gel bead</i> -tanah diatomae menggunakan maleat anhidrida dan ftalat anhidrida (MAGB-DM dan MAGB-DF) | 28      |
| 5.1   | MAGB-D di dalam larutan $\text{CaCl}_2$                                                                                                       | 34      |
| 5.2   | MAGB-D di dalam larutan $\text{CH}_3\text{COOH}$ (a), Interaksi MAGB-D dengan medan magnet (b)                                                | 36      |
| 5.3   | Modifikasi MAGB-D dengan menggunakan maleat anhidrida dan ftalat anhidrida menghasilkan MAGB-DM dan MAGB-DF                                   | 37      |

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |    |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>5.4</b>  | AGB (a); MAGB (b); MAGB-M (c); MAGB-F (d);<br>MAGB-D (e); MAGB-DM (f); MAGB-DF (g) setelah<br>sintesis                                                                                                                                                                                                  | 38 |
| <b>5.5</b>  | Distribusi ukuran dari semua <i>bead</i> AGB; MAGB;<br>MAGB-M; MAGB-F; MAGB-D; MAGB-DM; MAGB-<br>DF (n=10)                                                                                                                                                                                              | 38 |
| <b>5.6</b>  | Hasil uji keterapungan dengan media air (a), dan air laut<br>(b) dengan masing-masing <i>bead</i> AGB (1); MAGB (2);<br>MAGB-D (3); MAGB-DM (4); MAGB-DF (5);                                                                                                                                           | 39 |
| <b>5.7</b>  | Hasil uji swelling masing-masing <i>bead</i> dengan media air<br>(a), air laut (b)                                                                                                                                                                                                                      | 40 |
| <b>5.8</b>  | Difractogram X-ray dari tanah diatomae (a); Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -<br>diatomae (b), Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> (c)                                                                                                                                                                        | 41 |
| <b>5.9</b>  | Spektra FTIR dari Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> (a); AGB (b); MAGB (c);<br>MAGB-D (d) ; MAGB-DM (e); MAGB-DF (f)                                                                                                                                                                                       | 42 |
| <b>5.10</b> | Morfologi dari tanah diatomae (a); Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> (b); AGB<br>ekterior (c); AGB-interior (d); MAGB-ekterior (e);<br>MAGB-interior (f); MAGB-D-ekterior (g); MAGB-D-<br>interior (h); MAGB-DM-ekterior (i); MAGB-DM-<br>interior (j); MAGB-DF-ekterior (k) dan MAGB-DF-<br>interior (l). | 43 |
| <b>5.11</b> | Grafik analisis termal TGA dari material adsorben                                                                                                                                                                                                                                                       | 46 |
| <b>5.12</b> | Kurva magnetisasi dari MAGB, MAGB-D, MAGB-DM,<br>MAGB-DF, MAGB-M dan MAGB-F                                                                                                                                                                                                                             | 47 |
| <b>5.13</b> | Grafik pengaruh variasi pH terhadap adsorpsi minyak<br>secara magnetik                                                                                                                                                                                                                                  | 49 |
| <b>5.14</b> | Grafik pengaruh variasi waktu kontak terhadap adsorpsi<br>minyak secara magnetik                                                                                                                                                                                                                        | 51 |
| <b>5.15</b> | Grafik non-linier Pseudo orde satu, pseudo orde dua,<br>difusi intrapartikel dan elovich terhadap variasi waktu<br>kontak saat adsorpsi minyak secara magnetik pada                                                                                                                                     |    |

|             |                                                                                                                                                                                                                 |    |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|             | MAGB (a); MAGB-D (b); MAGB-DM (c) dan MAGB-DF (d).                                                                                                                                                              | 52 |
| <b>5.16</b> | Grafik pengaruh variasi konsentrasi minyak terhadap adsorpsi minyak secara magnetik                                                                                                                             | 56 |
| <b>5.17</b> | Grafik isoterm Langmuir, Freundlich, Dubinin-Radushkevich, Sips dan Redlich-Peterson terhadap variasi waktu kontak saat adsorpsi minyak secara magnetik pada MAGB (a); MAGB-D (b); MAGB-DM (c) dan MAGB-DF (d). | 57 |
| <b>5.18</b> | Grafik aplikasi adsorpsi minyak secara magnetik dalam air (a) dan air laut (b)                                                                                                                                  | 61 |

## DAFTAR LAMPIRAN

| Nomor | Judul Lampiran                                                                                                       |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.    | Preparasi sampel                                                                                                     |
| 2.    | Perhitungan swelling masing-masing <i>bead</i>                                                                       |
| 3.    | Adsorpsi minyak secara magnetik                                                                                      |
| 3.1   | Data variasi pH terhadap adsorpsi minyak secara magnetik oleh material adsorben                                      |
| 3.2   | Data variasi waktu kontak terhadap adsorpsi minyak secara magnetik oleh material adsorben                            |
| 3.3   | Data variasi konsentrasi terhadap adsorpsi minyak secara magnetik oleh material adsorben                             |
| 4.    | Data adsorpsi minyak secara magnetik dalam air dan air laut dengan material adsorben (data regenerasi 1 – 10 siklus) |

