

IR-PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI *CLAY* MAGNETIK  
TERMODIFIKASI AMONIUM DAN IMIDAZOLIUM  
SEBAGAI ADSORBEN MAGNETIK UNTUK EOSIN Y  
DALAM AIR**

**SKRIPSI**



**PRASASTI SEKAR KINASIH**

**PROGRAM STUDI SARJANA KIMIA  
DEPARTEMEN KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS AIRLANGGA**

**2022**

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI *CLAY* MAGNETIK  
TERMODIFIKASI AMONIUM DAN IMIDAZOLIUM  
SEBAGAI ADSORBEN MAGNETIK UNTUK EOSIN Y  
DALAM AIR**

**SKRIPSI**

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Sains Bidang Kimia  
Pada Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Airlangga

Oleh:

PRASASTI SEKAR KINASIH  
NIM. 081811533057

Tanggal Lulus: 22 Juli 2022

Disetujui oleh

Pembimbing I

Pembimbing II

  
Satya Candra Wibawa Sakti, M.Sc, Ph.D  
NIP. 198608312016113101

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

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

Judul : "Sintesis dan Karakterisasi *Clay* Magnetik Termodifikasi Amonium dan Imidazolium sebagai Adsorben Magnetik untuk Eosin Y dalam Air"

Penyusun : Prasasti Sekar Kinasih

NIM : 081811533057

Pembimbing I : Satya Candra Wibawa Sakti, M.Sc., Ph.D

Pembimbing II : Mochamad Zakki Fahmi, M.Si., Ph.D

Tanggal Sidang : 22 Juli 2022

Disetujui oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II

  
Satya Candra Wibawa Sakti, M.Sc., Ph.D

NIP. 198608312016113101

  
Mochamad Zakki Fahmi, M.Si., Ph.D

NIP. 198307022009121003

Mengetahui,

Ketua Departemen Kimia  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Airlangga

  
Mochamad Zakki Fahmi, M.Si., Ph.D

NIP. 198307022009121003

**PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI**

Skripsi ini tidak dipublikasikan, namun tersedia di perpustakaan dalam lingkungan Universitas Airlangga, diperkenankan untuk dipakai sebagai referensi kepustakaan, tetapi pengutip harus seizin penyusun dan harus menyebutkan sumbernya sesuai kebiasaan ilmiah. Dokumen skripsi ini merupakan hak milik Universitas Airlangga.

## KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT, puji syukur atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sintesis dan Karakterisasi *Clay* Magnetik Termodifikasi Amonium dan Imidazolium sebagai Adsorben Magnetik untuk Eosin Y dalam Air”. Naskah skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan penelitian skripsi yang kemudian menjadi prasyarat kelulusan program studi S1 Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga.

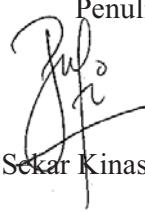
Penulisan naskah skripsi ini tidak akan dapat diselesaikan tanpa adanya pertolongan Allah SWT melalui bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Satya Candra Wibawa Sakti, M.Sc.,Ph.D selaku dosen pembimbing I yang senantiasa memberikan saran dan motivasi serta menasehati selama proses penyusunan naskah skripsi.
2. Bapak Mochamad Zakki Fahmi, M.Si.,Ph.D selaku dosen pembimbing II yang senantiasa memberi saran dan motivasi selama proses pembuatan naskah skripsi.
3. Bapak Dr. Hery Suwito, M.Si. selaku dosen wali dan seluruh dosen serta civitas akademika Fakultas Sains dan Teknologi.
4. Bapak Sutarto dan Ibu Reny Kristanti serta keluarga besar saya, yang selalu mendoakan, memotivasi dan mendukung dalam segala hal terutama selama proses perkuliahan di Universitas Airlangga.
5. Annisa Firda Mutmainnah dan Fara Salsabila sebagai sahabat sedari dulu yang selalu memberi dukungan dan ketenangan jiwa.
6. Nindayu Indrasari, S.Si.,M.Si yang telah memberikan dukungan dan asupan makanan saat berada di Laboratorium Kimia Anorganik.
7. Teman-teman angkatan H18BRID yang telah memberi semangat dan dukungan.
8. Semua pihak yang tidak bisa sebutkan satu persatu yang secara langsung maupun tidak langsung membantu penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih banyak mengandung kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak untuk membantu penyempurnaan naskah skripsi ini. Semoga naskah skripsi ini dapat bermanfaat untuk mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya di bidang lingkungan.

Surabaya, 22 Juli 2022

Penulis,



Prasasti Sekar Kinasih

**Kinasih, Prasasti Sekar, 2022, Sintesis dan Karakterisasi Clay Magnetik Termodifikasi Amonium dan Imidazolium Sebagai Adsorben Magnetik untuk Eosin Y dalam Air, Skripsi ini dibawah bimbingan Satya Candra Wibawa Sakti, M.Sc., Ph.D. dan Mochamad Zakki Fahmi, M.Si., Ph.D. Departemen Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.**

---

### ABSTRAK

Industri tekstil merupakan penyumbang terbanyak pencemaran zat warna sintetis dalam air. Apabila tidak dilakukan penanganan yang tepat dapat menyebabkan terganggunya ekosistem perairan dan berdampak buruk bagi kesehatan makhluk hidup. Adsorpsi menjadi solusi efektif dan ekonomis namun menghasilkan limbah residu akibat adsorben yang sulit dikumpulkan kembali. Pada penelitian ini, *nano clay* (NC), *halloysite nanotubes* (HNTs), dan *diatomaceous earth* (DE) disintesis dengan  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$  menggunakan metode kopresipitasi sehingga menghasilkan *clay* magnetik. *Clay* magnetik dimodifikasi menggunakan *1-methylimidazole* dan *glycidyl trimethylammonium chloride* yang dijembutani oleh *(3-chloropropyl) trimethoxysilane* dan *(3-aminopropyl) trimethoxysilane*. Adsorben magnetik ini diharapkan mampu tertarik magnet agar mudah dikumpulkan kembali dan memiliki kemampuan adsorpsi yang baik. Adsorben magnetik dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR), *X-Ray Diffractometer* (XRD), dan *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM). Hasil difragtogram XRD menunjukkan puncak kristalinitas  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  pada permukaan adsorben, adanya gugus fungsi C-N, dan N-H pada pita serapan  $1638\text{ cm}^{-1}$ , dan  $3409\text{ cm}^{-1}$  hasil FTIR menunjukkan ammonium dan imidazolium berhasil disintesis. Karakter kemagnetan dari adsorben yang digunakan bersifat paramagnetik. Hasil adsorpsi adsorben magnetik termodifikasi ammonium dan imidazolium terhadap zat warna Eosin Y membuktikan bahwa adsorpsi optimum pada pH 6.

**Kata Kunci :** *Halloysite, Diatomaceous earth, Nano Clay*, magnetit, zat warna

**Kinasih, Prasasti Sekar, 2022, Synthesis and Characterization of Magnetic Clay Modified with Ammonium and Imidazolium as a Magnetic Adsorbent for Eosin Y in Water, this thesis is under the guidance of Satya Candra Wibawa Sakti, M.Sc., Ph.D. and Mochamad Zakki Fahmi, M.Si., Ph.D. Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Universitas Airlangga, Surabaya.**

---

### ABSTRACT

The textile industry is the leading contributor to water contamination by synthetic dyes. Without proper management, this phenomenon can have a devastating effect on aquatic ecosystems and the well-being of all living things in them. Adsorption is an efficient and cost-effective method. However, it generates residual wastes due to difficult to collect adsorbents. Throughout this study, the modulation of nano clay (NC), halloysite nanotubes (HNTs), and diatomaceous earth (DE) with  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$  using the coprecipitation method to form clay magnetic clay, which was then modified using 1-methylimidazole and glycidyl trimethylammonium chloride bridged by (3-chloropropyl) trimethoxy silane and (3-aminopropyl) trimethoxy silane. This magnetic adsorbent performed attractive behavior to a magnet, had high recyclability, and enhanced its adsorption capability. Magnetic adsorbents were characterized using Fourier Transform Infra-Red (FTIR), X-Ray Diffractometer (XRD), and Vibrating Sample Magnetometer (VSM). The diffractogram of XRD showed the peak of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  on the surface of the adsorbent, the presence of C-N and N-H functional groups in the absorption band  $1638\text{ cm}^{-1}$  and  $3409\text{ cm}^{-1}$  of FTIR results showed that ammonium and imidazolium were successfully synthesized. The magnetic character of the adsorbent used is paramagnetic. Adsorption experiments with ammonium and imidazolium modified magnetic adsorbents on Eosin Y dye showed the highest adsorption at a pH 6.

Key words: halloysite, diatomaceous earth, nano clay, magnetite, dyes

**LEMBAR PERNYATAAN ORISINILITAS**

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya:

Nama : Prasasti Sekar Kinasih

NIM : 081811533057

Program Studi : S1 Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

Jenjang : Sarjana (S1)

Menyatakan bahwa tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul:

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI *CLAY* MAGNETIK TERMODIFIKASI AMONIUM DAN IMIDAZOLIUM SEBAGAI ADSORBEN MAGNETIK UNTUK EOSIN Y DALAM AIR**

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 22 Juli 2022



Prasasti Sekar Kinasih

081811533057

## DAFTAR ISI

|                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------|-----|
| HALAMAN JUDUL.....                                                  | i   |
| LEMBAR PERNYATAAN .....                                             | ii  |
| LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....                                      | iii |
| PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI .....                                    | iv  |
| KATA PENGANTAR .....                                                | v   |
| ABSTRAK .....                                                       | iv  |
| ABSTRACT .....                                                      | v   |
| LEMBAR PERNYATAAN ORISINILITAS .....                                | vi  |
| DAFTAR ISI.....                                                     | vii |
| DAFTAR TABEL .....                                                  | x   |
| DAFTAR GAMBAR .....                                                 | xi  |
| DAFTAR LAMPIRAN.....                                                | xiv |
| BAB 1 PENDAHULUAN .....                                             | 1   |
| 1.1    Latar Belakang.....                                          | 1   |
| 1.2    Rumusan Masalah.....                                         | 4   |
| 1.3    Tujuan.....                                                  | 4   |
| 1.4    Manfaat.....                                                 | 5   |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....                                        | 7   |
| 2.1 <i>Halloysite Nanotubes</i> (HNTs) .....                        | 7   |
| 2.2 <i>Diatomaceous Earth</i> (DE).....                             | 8   |
| 2.3 <i>Nano Clay</i> (NC).....                                      | 9   |
| 2.4    Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ).....                    | 11  |
| 2.5    Pemisahan Magnetik.....                                      | 12  |
| 2.6    Zat Warna Sintetis .....                                     | 14  |
| 2.7 <i>Fourier Transform Infrared Spectrophotometer</i> (FTIR)..... | 15  |
| 2.8 <i>X-Ray Diffractometer</i> (XRD) .....                         | 17  |
| 2.9 <i>Spectrophotometer</i> UV – Vis .....                         | 19  |
| 2.10 <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM) .....               | 20  |
| 2.11   Adsorpsi.....                                                | 22  |

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| BAB III METODE PENELITIAN.....                                                                                     | 24 |
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....                                                                               | 24 |
| 3.2 Bahan dan Alat .....                                                                                           | 24 |
| 3.2.1 Bahan Penelitian .....                                                                                       | 24 |
| 3.2.2 Alat Penelitian .....                                                                                        | 25 |
| 3.3 Diagram Alir Penelitian.....                                                                                   | 26 |
| 3.3.1 Sintesis NC, HNTs, dan DE magnetik .....                                                                     | 26 |
| 3.3.2 Modifikasi NC, HNTs, dan DE magnetik menggunakan CPTMS .....                                                 | 29 |
| 3.3.3 Modifikasi MNC-CPTMS, MHNTs-CPTMS, dan MDE-CPTMS dengan 1-methylimidazole .....                              | 30 |
| 3.3.4 Modifikasi NC, HNTs, dan DE magnetik dengan APTMS .....                                                      | 31 |
| 3.3.5 Modifikasi MNC-APTMS, MHNT-APTMS, dan MDE-APTMS menggunakan glycidyltrimethylammonium chloride (GTAMC) ..... | 32 |
| 3.3.6 Karakterisasi dan Uji Adsorpsi.....                                                                          | 33 |
| 3.4 Prosedur Penelitian.....                                                                                       | 34 |
| 3.4.1 Pembuatan Larutan NaOH 1 M.....                                                                              | 34 |
| 3.4.2 Pembuatan Larutan Etanol 50% .....                                                                           | 34 |
| 3.4.3 Pembuatan Larutan Asam Asetat 6% .....                                                                       | 34 |
| 3.4.4 Sintesis Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .....                                                                | 34 |
| 3.4.5 Sintesis NC, HNTs, dan DE dengan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .....                                        | 34 |
| 3.4.6 Modifikasi gugus fungsi MNC, MHNTs, dan MDE dengan (3-chloroprophyl)trimetoxysilane (CPTMS).....             | 35 |
| 3.4.7 Modifikasi MNC-CP, MHNT-CP, dan MDE-Cl dengan 1-metylimidazole .....                                         | 35 |
| 3.4.8 Modifikasi gugus fungsi MNC, MHNTs, dan MDE, dengan (3-aminoprophyl) trimetixysilane (APTMS).....            | 36 |
| 3.4.9 Modifikasi MNC-AP, MHNTs-AP, dan MDE-AP dengan glycidyltrimethylammonium chloride (GTAMC).....               | 36 |
| 3.5 Karakterisasi .....                                                                                            | 36 |
| 3.5.1 Penentuan gugus fungsi menggunakan Spektrofotometer Fourier Transformed Infra-Red (FTIR).....                | 36 |

|                                                    |                                                                                                                                                                                         |    |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.5.2                                              | Analisis kristalinitas dan struktur material dengan <i>X-Ray</i><br><i>Diffractometer</i> (XRD) .....                                                                                   | 37 |
| 3.5.3                                              | Analisis magnetisasi menggunakan <i>Vibrating Sample</i><br><i>Magnetometer</i> (VSM).....                                                                                              | 37 |
| 3.6                                                | Adsorpsi.....                                                                                                                                                                           | 37 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....                  |                                                                                                                                                                                         | 40 |
| 4.1                                                | Hasil Sintesis <i>Clay</i> Magnetik Termodifikasi <i>1-methylimidazole</i><br>dan <i>Glycidyltrimethylammonium Chloride</i> .....                                                       | 40 |
| 4.1.1                                              | Sintesis Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) .....                                                                                                                                     | 40 |
| 4.1.2                                              | Sintesis <i>Clay</i> Magnetik.....                                                                                                                                                      | 42 |
| 4.1.3                                              | Modifikasi gugus <i>clay</i> magnetik dengan ( <i>3-chloropropyl</i> )<br><i>trimethoxy silane</i> (CPTMS) dan ( <i>3-aminopropyl</i> ) <i>trimethoxy</i><br><i>silane</i> (APTMS)..... | 43 |
| 4.1.4                                              | Modifikasi <i>Clay</i> Magnetik-silane dengan <i>1-methylimidazole</i><br>(IMD) dan <i>glycidyltrimethylammonium chloride</i> (GTAMC).....                                              | 45 |
| 4.2                                                | Hasil Karakterisasi.....                                                                                                                                                                | 49 |
| 4.2.1                                              | Hasil Penentuan Sistem Kristal menggunakan <i>X-ray</i><br><i>Diffractometer</i> (XRD) .....                                                                                            | 49 |
| 4.2.2                                              | Hasil Penentuan Gugus Fungsi menggunakan <i>Fourier Transform</i><br><i>Infra-Red</i> (FTIR) .....                                                                                      | 52 |
| 4.2.3                                              | Hasil Penentuan Sifat Kemagnetan menggunakan <i>Vibrating</i><br><i>Sampel Magnetometer</i> (VSM).....                                                                                  | 57 |
| 4.2.4                                              | Pengaruh pH Terhadap Proses Adsorpsi Eosin Y .....                                                                                                                                      | 60 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....                    |                                                                                                                                                                                         | 64 |
| 5.1                                                | Kesimpulan.....                                                                                                                                                                         | 64 |
| 5.2                                                | Saran .....                                                                                                                                                                             | 65 |
| DAFTAR PUSTAKA .....                               |                                                                                                                                                                                         | 66 |
| LAMPIRAN.....                                      |                                                                                                                                                                                         | 75 |
| Lampiran 1. Sintesis $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ..... |                                                                                                                                                                                         | 75 |
| Lampiran 2. Pembuatan Reagen .....                 |                                                                                                                                                                                         | 75 |
| Lampiran 3. Pembuatan Larutan Zat Warna .....      |                                                                                                                                                                                         | 76 |

**DAFTAR TABEL**

| Nomor | Judul Tabel                                                                            | Halaman |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 2.1   | Daerah Panjang gelombang IR (Skoog <i>et al.</i> , 1998)                               | 16      |
| 4.1   | Sifat-sifat magnetik dari Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> sintesis, MNC, MHNTs, dan MDE | 57      |

## DAFTAR GAMBAR

| Nomor | Judul Gambar                                                                            | Halaman |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 2.1   | Struktur Halloysite Nanotubes                                                           | 7       |
| 2.2   | Morfologi SEM <i>halloysite nanotubes</i> (Lutynski <i>et al.</i> , 2019)               | 8       |
| 2.3   | Struktur kimia <i>diatomaceous earth</i>                                                | 8       |
| 2.4   | Morfologi SEM <i>diatomaceous earth</i> (Plumier <i>et al.</i> , 2019)                  | 9       |
| 2.5   | Struktur <i>nano clay</i> (Mahmoudian & Branch, 2021)                                   | 10      |
| 2.6   | Morfologi SEM <i>nano clay</i> (Ho <i>et al.</i> , 2006)                                | 10      |
| 2.7   | Struktur Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> (Noorhamdani, 2017)                             | 11      |
| 2.8   | Pemisahan material dengan teknik pemisahan magnetik                                     | 13      |
| 2.9   | Struktur kimia zat warna (a) eosin Y, (b) rhodamine B, dan (c) azure A                  | 15      |
| 2.10  | Skema spektrofotometer inframerah (Skoog <i>et al.</i> , 1998)                          | 17      |
| 2.11  | Prinsip kerja XRD                                                                       | 17      |
| 2.12  | Skema kerja XRD (Bunaciu, dkk., 2015)                                                   | 18      |
| 2.13  | Prinsip kerja Spektrofotometer UV-Vis (L.C. Passos & M.F.S. Saraiva, 2019)              | 20      |
| 2.14  | Rangkaian instrumen VSM (Rafique, 2014)                                                 | 22      |
| 2.15  | Jenis lapisan adsorbat pada adsorben; <i>Monolayer</i> dan <i>Multilayer</i>            | 23      |
| 3.1   | Diagram alir sintesis <i>nano clay</i> dengan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>            | 26      |
| 3.2   | Diagram alir sintesis <i>halloysite nanotubes</i> dengan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> | 27      |
| 3.3   | Diagram alir sintesis <i>diatomaceous earth</i> dengan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>   | 28      |

|     |                                                                                                                            |    |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.4 | Diagram alir modifikasi <i>clay</i> magnetik dengan CPTMS                                                                  | 29 |
| 3.5 | Diagram alir modifikasi MNC-CPTMS, MHNTs-CPTMS, dan MDE-CPTMS dengan 1- <i>methylimidazole</i>                             | 30 |
| 3.6 | Diagram alir modifikasi <i>clay</i> magnetik dengan CPTMS                                                                  | 31 |
| 3.7 | Diagram alir modifikasi MNC-APTMS, MHNT-APTMS, dan MDE-APTMS menggunakan <i>glycidyltrimethylammonium chloride</i>         | 32 |
| 4.1 | Laruran $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ + $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ dalam air                    | 38 |
| 4.2 | Campuran $\text{Fe}_3\text{O}_4$ hasil sintesis                                                                            | 39 |
| 4.3 | Pemisahan $\text{Fe}_3\text{O}_4$ dari campuran menggunakan magnet (a); padatan hasil sintesis $\text{Fe}_3\text{O}_4$ (b) | 40 |
| 4.4 | Ilustrasi hasil sintesis <i>clay</i> magnetik dengan metode kopresipitasi; (a) MNC, (b) MHNTs, dan (c) MDE                 | 41 |
| 4.5 | Hasil sintesis (a) MNC, (b) MHNTs, dan (c) MDE                                                                             | 41 |
| 4.6 | Hasil modifikasi dengan CPTMS (a) MNC-CP, (b) MHNT-CP, dan (c) MDE-CP                                                      | 42 |
| 4.7 | Hasil modifikasi gugus dengan APTMS (a) MNC-AP, (b) MHNTs-AP, dan (c) MDE-AP                                               | 43 |
| 4.8 | Hasil modifikasi dengan 1- <i>methylimidazole</i> (a) MNC-CP-IMD, (b) MHNTs-CP-IMD, dan (c) MDE-CP-IMD                     | 44 |
| 4.9 | Hasil modifikasi <i>clay</i> magnetik dengan GTAMC; (a) MNC-AP-GTAMC, (b) MHNTs-AP-GTAMC, dan (c) MDE-AP-GTAMC             | 45 |

|      |                                                                                                                                 |    |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.10 | Ilustrasi sintesis <i>clay</i> magnetik termodifikasi; (a) NC, (b) HNTs, dan (c) DE                                             | 46 |
| 4.11 | Difraktogram Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> komersial dan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> sintesis                               | 47 |
| 4.12 | Difraktogram XRD sintesis <i>clay</i> magnetik                                                                                  | 48 |
| 4.13 | Difraktogram <i>nano clay</i> , <i>halloysite nanotubes</i> , <i>diatomaceous earth</i> murni                                   | 49 |
| 4.14 | Difraktogram XRD <i>clay</i> magnetik termodifikasi amonium dan imidazolium                                                     | 50 |
| 4.15 | Spektra FTIR Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> komersial dan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> sintesis                               | 51 |
| 4.16 | Spektra FTIR Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> sintesis dan <i>clay</i> magnetik                                                   | 52 |
| 4.17 | Spektra FTIR <i>clay</i> magnetik termodifikasi CPTMS dan APTMS                                                                 | 53 |
| 4.18 | Spektra FTIR <i>clay</i> magnetik termodifikasi GTAMC                                                                           | 54 |
| 4.19 | Spektra FTIR <i>clay</i> magnetik termodifikasi 1- <i>methylimidazole</i>                                                       | 55 |
| 4.20 | Kurva magnetisasi dari Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -sintesis, MNC, MHNTs, dan MDE                                            | 56 |
| 4.21 | Pengaruh pH larutan pada adsorpsi Eosin Y oleh Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> sintesis, MNC, MNC-AP-GTAMC, dan MNC-CP-IMD       | 58 |
| 4.22 | Pengaruh pH larutan pada adsorpsi Eosin Y oleh Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> sintesis, MHNTs, MHNTs-AP-GTAMC, dan MHNTs-CP-IMD | 59 |
| 4.23 | Pengaruh pH larutan pada adsorpsi Eosin Y oleh Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> sintesis, MDE, MDE-AP-GTAMC, dan MDE-CP-IMD       | 60 |

**DAFTAR LAMPIRAN**

| No. | Judul                            |
|-----|----------------------------------|
| 1.  | Sintesis $\text{Fe}_3\text{O}_4$ |
| 2.  | Pembuatan Reagen                 |
| 3.  | Pembuatan Larutan Zat Warna      |