

TESIS

***IMPRINTED* ZEOLIT-INDOKSIL SULFAT UNTUK  
PEMBERSIHAN RACUN UREMİK INDOKSIL  
SULFAT PADA APLIKASI HEMODIALISIS**



**HAMIZAH HAULA'**

**NIM. 082014253010**

**PROGRAM STUDI MAGISTER KIMIA**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS AIRLANGGA**

**2022**

*IMPRINTED* ZEOLIT-INDOKSIL SULFAT UNTUK  
PEMBERSIHAN RACUN UREMIK INDOKSIL SULFAT  
PADA APLIKASI HEMODIALISIS

TESIS

Untuk memperoleh Gelar Magister  
dalam Program Studi Magister Kimia  
pada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga

Oleh :

Hamizah Haula'

NIM. 082014253010

PROGRAM STUDI MAGISTER KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS AIRLANGGA

2022

i

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH TESIS

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH TESIS

Judul : *Imprinted* Zeolit-Indoksil Sulfat untuk Pembersihan Racun  
Uremik Indoksil Sulfat pada Aplikasi Hemodialisis

Penyusun : Hamizah Haula'

NIM : 082014253010

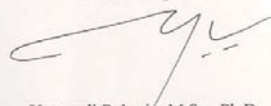
Pembimbing I : Yanuardi Raharjo, M.Sc., Ph.D.

Pembimbing II : Dr. Miratul Khasanah, M.Si

Tanggal Seminar :

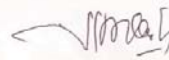
Disetujui oleh:

Pembimbing I



Yanuardi Raharjo, M.Sc., Ph.D.  
NIP. 198401032012121005

Pembimbing II



Dr. Miratul Khasanah, M. Si  
NIP. 196703041992032001

Mengetahui,

Ketua Departemen Kimia  
Fakultas Sains dan Teknologi



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

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT. yang telah melimpahkan petunjuk dan rahmatNya sehingga penulis mampu menyelesaikan naskah tesis yang berjudul **“Imprinted Zeolit-Indoksil Sulfat untuk Pembersihan Racun Uremik Indoksil Sulfat pada Aplikasi Hemodialisis”**. Naskah ini disusun sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi oleh mahasiswa untuk mencapai gelar Magister pada program Studi Magister (S2) Kimia di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga, Surabaya. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang ikut berperan dalam penyusunan naskah tesis ini, khususnya kepada:

1. Bapak Yanuardi Raharjo, M. Sc., Ph. D., selaku dosen pembimbing I sekaligus selaku dosen pembimbing akademik pascasarjana dan Ibu Dr. Miratul Khasanah, M. Si. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, motivasi, serta nasihat selama penyelesaian naskah tesis ini.
2. Seluruh dosen S2 kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga yang telah membimbing dan memberikan ilmunya kepada penulis selama perkuliahan.
3. Ibu Drs. Hj. Lilik Zainiyah selaku ibu penulis yang selalu memberikan doa dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
4. Keluarga besar penulis yang selalu mendoakan dan memberikan motivasi serta dukungan baik moral maupun material untuk menyelesaikan tesis ini.
5. Teman – teman seperjuangan magister kimia yang selalu memberikan semangat dan dukungan moril kepada penulis.
6. Keluarga besar Pondok Pesantren An-Nidhomiyah Sidoarjo yang senantiasa kebersamai setiap langkah penulis selama masa studi.
7. Rekan – rekan kimia UM angkatan 2014, PP. Ishlahiyah Malang, serta anggota Recisme yang selalu memberikan semangat serta dukungan moril kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini tidak sepenuhnya baik. Oleh karena itu kritik dan saran yang mendukung akan diterima dengan baik.

Surabaya, Juli 2022

Hamizah Haula’

**ABSTRAK**

Proses pembersihan racun uremik melalui sistem pengobatan hemodialisis pada penderita gagal ginjal terus dipelajari. Pada penelitian ini pembersihan indoksil sulfat (IS) yang merupakan kategori racun yang terikat pada protein darah (PBUT) dipelajari dengan zeolit Y sebagai adsorben. Zeolit Y disintesis dengan perbandingan mol  $10\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3:4\text{Na}_2\text{O}:180\text{H}_2\text{O}$ . Modifikasi menggunakan teknik *imprinting* dan IS sebagai *template* untuk menghasilkan IZ-IS. Keberhasilan zeolit Y tercetak IS dibuktikan melalui pembandingan hasil karakterisasi FT-IR dan *Surface Area Analyzer* (SAA) dibandingkan dengan zeolit sintesis (ZS) dan zeolit komersil (ZC). Spektrum FT-IR untuk IZ-IS dan ZS memiliki pola yang sama, menandakan IS berhasil diekstraksi. Ukuran pori rata-rata IZ-IS 1,21 nm lebih kecil dibandingkan ZS yakni 1.35 nm pada analisis BET. IZ-IS terbukti menunjukkan waktu kontak yang lebih pendek saat adsorpsi, memiliki kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi dan 1,23 kali lebih selektif dibandingkan zeolit sintesis. Persentase efisiensi adsorpsi IS pada IZ-IS paling tinggi yakni 59,16% sedangkan ZS 54,73% dan 54,45% untuk ZC. Selain itu, uji biokompatibilitas IZ-IS dan ZS yang meliputi uji adsorpsi protein, uji koagulasi darah (APTT & PT), dan uji hemolisis menunjukkan hasil yang lebih bagus. Adsorben IZ-IS digabungkan dengan polietersulfon (PES) dan poli(vinilpirolidone) (PVP) untuk menghasilkan membran *hollow fiber* dengan metode *mixed matrix membrane* (HF-MMM). Efisiensi adsorpsi IS oleh IZ-IS dalam bentuk serbuk (31,85%) lebih besar daripada dalam bentuk membran HF-MMM/IZ-IS (16,78%).

Kata Kunci: Hemodialisis, Indoksil sulfat, Zeolit Y, Adsorpsi, Membran *hollow fiber*

**ABSTRACT**

The clearance process of uremic toxins through hemodialysis treatment systems in patients with kidney failure continues to be studied. In this study the clearance of indoxyl sulfate (IS) which is a category of toxins bound to blood proteins (PBUT) was studied with zeolite Y as adsorbent. Zeolite Y was synthesized with a mole ratio of  $10\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3:4\text{Na}_2\text{O}:180\text{H}_2\text{O}$ . The modification uses imprinting technique and IS as a template to generate IZ-IS. The success of the IS printed zeolite Y was proven by comparing the results of the FT-IR and *Surface Area Analyzer* (SAA) characterizations compared to synthetic zeolite (ZS) and commercial zeolite (ZC). The FT-IR spectra for IZ-IS and ZS have the same pattern, indicating that IS has been extracted successfully. The average pore size of IZ-IS is 1.21 nm smaller than ZS which is 1.35 nm in BET analysis. IZ-IS was shown to show a shorter contact time during adsorption, has a higher adsorption capacity and is 1.23 times more selective than synthetic zeolite. The highest percentage of IS adsorption efficiency in IZ-IS was 59.16% while ZS was 54.73% and 54.45% for ZC. In addition, the IZ-IS and ZS biocompatibility tests which include protein adsorption test, blood coagulation test (APTT & PT), and hemolysis test showed better results. IZ-IS adsorbent was combined with polyethersulfone (PES) and poly(vinylpyrrolidone) (PVP) to produce hollow fiber membranes using the mixed matrix membrane (HF-MMM) method. The efficiency of IS adsorption by IZ-IS in powder form (31.85%) was greater than in the form of HF-MMM/IZ-IS membrane (16.78%).

Keywords: Hemodialysis, Indoxyl sulfate, Zeolite Y, Adsorption, Hollow fiber membrane

**LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS**

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Hamizah Haula'  
NIM : 082014253010  
Program Studi : Kimia  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Jenjang : Magister (S2)

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

***IMPRINTED* ZEOLIT-INDOKSIL SULFAT UNTUK  
PEMBERSIHAN RACUN UREMIK INDOKSIL SULFAT PADA  
APLIKASI HEMODIALISIS**

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, 27 Juli 2022



Hamizah Haula'  
NIM. 082014253010

## DAFTAR ISI

|                                                                      |      |
|----------------------------------------------------------------------|------|
| LEMBAR JUDUL .....                                                   | i    |
| LEMBAR PENGESAHAN NASKAH TESIS .....                                 | ii   |
| KATA PENGANTAR .....                                                 | iii  |
| ABSTRAK .....                                                        | iv   |
| ABSTRACT .....                                                       | v    |
| LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS .....                                 | vi   |
| DAFTAR ISI .....                                                     | vii  |
| DAFTAR GAMBAR .....                                                  | xii  |
| DAFTAR TABEL .....                                                   | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                                                | xiv  |
| BAB I PENDAHULUAN .....                                              | 1    |
| 1.1 Latar Belakang .....                                             | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                            | 4    |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....                                          | 4    |
| 1.4 Manfaat Penelitian .....                                         | 4    |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....                                        | 7    |
| 2.1 Hemodialisis .....                                               | 7    |
| 2.2 Adsorpsi .....                                                   | 8    |
| 2.3 Hemoperfusi .....                                                | 12   |
| 2.4 Gagal Ginjal .....                                               | 14   |
| 2.5 Racun Uremik .....                                               | 15   |
| 2.6 Zeolit .....                                                     | 18   |
| 2.5.1 Zeolit Y .....                                                 | 19   |
| 2.5.2 Sintesis Zeolit Y .....                                        | 20   |
| 2.7 <i>Molecular Imprinting Polymer</i> .....                        | 21   |
| 2.8 Membran Hemodialisis .....                                       | 23   |
| 2.9 Membran <i>Hollow Fiber</i> .....                                | 25   |
| 2.10 Membran Matriks Campuran ( <i>Mixed Matrix Membrane</i> ) ..... | 27   |

|                                                            |                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.11                                                       | Biokompatibilitas Adsorben.....                                                          | 29 |
| 2.12                                                       | Karakterisasi .....                                                                      | 30 |
| 2.11.1                                                     | <i>X-ray diffraction (XRD)</i> .....                                                     | 31 |
| 2.11.2                                                     | <i>Fourier transform infrared (FT-IR)</i> .....                                          | 31 |
| 2.11.3                                                     | <i>Surface Area Analyzer (SAA)</i> .....                                                 | 32 |
| 2.11.4                                                     | <i>Scanning electron microscope-energy dispersive x-ray spectroscopy (SEM-EDS)</i> ..... | 34 |
| 2.11.5                                                     | <i>Field emission-scanning electron microscope (FE-SEM)</i> .....                        | 35 |
| BAB III KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS PENELITIAN ..... |                                                                                          | 36 |
| 3.1                                                        | Kerangka Konseptual .....                                                                | 36 |
| 3.2                                                        | Hipotesis Penelitian.....                                                                | 37 |
| BAB IV METODE PENELITIAN .....                             |                                                                                          | 40 |
| 4.1                                                        | Tempat dan Waktu Pelaksanaan.....                                                        | 40 |
| 4.2                                                        | Alat dan Bahan Penelitian .....                                                          | 40 |
| 4.2.1                                                      | Alat Penelitian .....                                                                    | 40 |
| 4.2.2                                                      | Bahan Penelitian.....                                                                    | 40 |
| 4.3                                                        | Diagram Alir Penelitian.....                                                             | 41 |
| 4.4                                                        | Prosedur Penelitian.....                                                                 | 42 |
| 4.4.1                                                      | Sintesis Zeolit Y .....                                                                  | 42 |
| 4.4.2                                                      | Sintesis IZ-IS.....                                                                      | 42 |
| 4.4.3                                                      | Pembuatan <i>Reagen Erlinch</i> .....                                                    | 43 |
| 4.4.4                                                      | Pembuatan Larutan Indoksil Sulfat .....                                                  | 43 |
| 4.4.4.1                                                    | Pembuatan Larutan Induk IS 100 Ppm.....                                                  | 43 |
| 4.4.4.2                                                    | Pembuatan Larutan Kerja IS .....                                                         | 43 |
| 4.4.5                                                      | Uji Adsorpsi dan Selektifitas.....                                                       | 43 |
| 4.4.6                                                      | Optimasi Adsorpsi Indoksil Sulfat .....                                                  | 44 |
| 4.4.6.1                                                    | Optimasi Waktu Adsorpsi .....                                                            | 45 |
| 4.4.6.2                                                    | Optimasi Masa Adsorben .....                                                             | 45 |
| 4.4.8                                                      | Pembuatan Membran HF-MMM .....                                                           | 46 |
| 4.4.8.1                                                    | Pembuatan Larutan Dope .....                                                             | 46 |
| 4.4.8.2                                                    | Spinning HF-MMM .....                                                                    | 46 |

|                                  |                                                                                   |    |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.4.9                            | Uji Adsorpsi Membran HF-MMM/IZ-IS .....                                           | 47 |
| 4.4.10                           | Karakterisasi Zeolit Serbuk .....                                                 | 48 |
| 4.4.10.1                         | X-Ray diffraction (XRD) .....                                                     | 48 |
| 4.4.10.2                         | Fourier transform infrared (FT-IR) .....                                          | 48 |
| 4.4.10.3                         | Surface Area Analyzer (SAA) .....                                                 | 48 |
| 4.4.10.4                         | Scanning electron microscope-energy dispersive x-ray spectroscopy (SEM-EDS) ..... | 48 |
| 4.4.10.5                         | Field emission-scanning electron microscope (FE-SEM) .....                        | 48 |
| 4.4.11                           | Uji Biokompatibilitas Adsorben .....                                              | 49 |
| 4.4.11.1                         | Uji Adsorpsi Protein .....                                                        | 49 |
| 4.4.11.2                         | Uji Koagulasi Darah .....                                                         | 49 |
| 4.4.11.3                         | Uji Hemolisis .....                                                               | 49 |
| BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN ..... |                                                                                   | 51 |
| 5.1                              | Sintesis Zeolit Y .....                                                           | 51 |
| 5.2                              | Karakterisasi Zeolit .....                                                        | 52 |
| 5.2.1.                           | Struktur Kristal .....                                                            | 52 |
| 5.2.2.                           | Gugus Fungsi .....                                                                | 53 |
| 5.2.3.                           | Kandungan Zeolit .....                                                            | 57 |
| 5.2.4.                           | Permukaan Zeolit .....                                                            | 57 |
| 5.2.5.                           | Morfologi Zeolit .....                                                            | 59 |
| 5.3                              | Proses Adsorpsi .....                                                             | 60 |
| 5.3.1.                           | Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Kompleks IS- <i>Ehrlich</i> ...              | 61 |
| 5.3.2.                           | Optimasi Waktu Adsorpsi .....                                                     | 62 |
| 5.3.3.                           | Optimasi Massa Adsorben .....                                                     | 64 |
| 5.3.4.                           | Kemampuan Adsorpsi Zeolit Pada Variasi Konsentrasi Larutan IS ..                  | 65 |
| 5.4.                             | Kinetika Adsorpsi .....                                                           | 67 |
| 5.5.                             | Uji Selektivitas .....                                                            | 70 |
| 5.6.                             | Fabrikasi Membran HF MMM/IZ-IS .....                                              | 71 |
| 5.7.                             | Karakterisasi Membran HF-MMM/IZ-IS .....                                          | 72 |
| 5.8.                             | Adsorpsi Membran HF-MMM/IZ-IS .....                                               | 73 |
| 5.9.                             | Uji Biokompatibilitas Adsorben .....                                              | 74 |

|                      |                       |    |
|----------------------|-----------------------|----|
| 5.9.1.               | Adsorpsi Protein..... | 74 |
| 5.9.2.               | Koagulasi Darah.....  | 75 |
| 5.9.3.               | Hemolisis.....        | 76 |
| BAB VI .....         |                       | 78 |
| 6.1                  | Kesimpulan.....       | 78 |
| 6.2                  | Saran .....           | 79 |
| DAFTAR PUSTAKA ..... |                       | 80 |
| LAMPIRAN .....       |                       | 88 |

## DAFTAR GAMBAR

| No.         | Judul Gambar                                                  | Halaman |
|-------------|---------------------------------------------------------------|---------|
| Gambar 2.1  | Skema Hemodialisis                                            | 8       |
| Gambar 2.2  | Skema Hemoperfusi                                             | 13      |
| Gambar 2.3  | Skema Ginjal                                                  | 15      |
| Gambar 2.4  | Struktur Zeolit                                               | 19      |
| Gambar 2.5  | Struktur Kerangka Faujasite                                   | 20      |
| Gambar 2.6  | Permukaan Zeolit Y                                            | 20      |
| Gambar 2.7  | Langkah proses MIP                                            | 23      |
| Gambar 2.8  | Skema Pemisahan dengan Membran                                | 24      |
| Gambar 2.9  | Membran <i>Hollow Fiber</i>                                   | 26      |
| Gambar 2.10 | Skema Pemintalan Membran HF                                   | 27      |
| Gambar 2.11 | Ilustrasi MMM                                                 | 29      |
| Gambar 2.12 | Difraktogram XRD Zeolit Y                                     | 31      |
| Gambar 2.13 | Spekta FT-IR Zeolit Y                                         | 32      |
| Gambar 3.1  | Kerangka Konseptual                                           | 38      |
| Gambar 4.1  | Diagram Alir Penelitian                                       | 41      |
| Gambar 4.2  | Sistem Permeasi <i>Single Hollow Fiber</i>                    | 47      |
| Gambar 5.1  | (a) Aging Pada Sintesis Zeolit, dan (b) Zeolit Hasil Sintesis | 52      |
| Gambar 5.2  | Difraktogram Hasil ZC, ZS, IZ-IS dan NIZ                      | 53      |
| Gambar 5.3  | Spektrum FT-IR Pendek ( $1800-400\text{ cm}^{-1}$ )           | 55      |
| Gambar 5.4  | Spektrum FT-IR Lengkap ( $4000-400\text{ cm}^{-1}$ )          | 56      |
| Gambar 5.5  | Kurva Adsorpsi-desorpsi                                       | 59      |
| Gambar 5.6  | Morfologi Zeolit Hasil FE-SEM (20K)                           | 59      |
| Gambar 5.7  | Larutan Kompleks IS- <i>Ehrlich</i>                           | 60      |

|             |                                                                                                                      |    |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 5.8  | Kurva Hubungan Antara Absorbansi Dengan Panjang Gelombang Komplek IS- <i>Ehrlich</i> pada Variasi Waktu Pengomplekan | 61 |
| Gambar 5.9  | Grafik Absorbansi Vs Variasi Waktu Pengomplekan IS Dengan Pereaksi Ehrlich pada $\Lambda$ 475                        | 62 |
| Gambar 5.10 | Grafik Optimasi Waktu Adsorpsi                                                                                       | 63 |
| Gambar 5.11 | Grafik Optimasi Massa Zeolit                                                                                         | 65 |
| Gambar 5.12 | Grafik Kemampuan Adsorpsi pada Variasi Konsentrasi IS                                                                | 65 |
| Gambar 5.13 | Grafik <i>Intra Particle Diffusion</i>                                                                               | 69 |
| Gambar 5.14 | Struktur 3- <i>Indole Acetic Acid</i> (IAA) dan Indoksil Sulfat (IS)                                                 | 70 |
| Gambar 5.15 | Hasil Sintesis Membran HF-MMM/IZ-IS                                                                                  | 71 |
| Gambar 5.16 | Morfologi <i>Outer Section</i> Membran HF-MMM/IZ-IS                                                                  | 72 |
| Gambar 5.17 | Morfologi Cross Section Membran HF-MMM/IZ-IS                                                                         | 73 |
| Gambar 5.18 | Perbandingan Efisiensi Adsorpsi IZ-IS                                                                                | 74 |
| Gambar 5.19 | Grafik Efisiensi Adsorpsi BSA                                                                                        | 75 |
| Gambar 5.20 | Hasil Uji PT & APTT darah akibat kontak dengan adsorben                                                              | 76 |
| Gambar 5.21 | Persentase Hemolisis                                                                                                 | 77 |

## DAFTAR TABEL

| No.       | Judul Tabel                                                             | Halaman |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------|---------|
| Tabel 2.1 | Rentang Nilai Perilaku Adsorpsi Awal ( $R_i$ )<br>Berdasarkan Model IPD | 10      |
| Tabel 2.2 | Adsorben yang Telah Digunakan dalam Pemurnian Darah                     | 13      |
| Tabel 2.3 | Zat Terlarut Terikat Protein                                            | 16      |
| Tabel 2.4 | Sifat Fisik dan Kimia Indoksil Sulfat                                   | 17      |
| Tabel 5.1 | Bilangan Gelombang Puncak Spektra FTIR ZS, ZC, IZ<br>dan NIZ            | 54      |
| Tabel 5.2 | Persentase Sebaran Unsur Hasil SEM-EDS                                  | 56      |
| Tabel 5.3 | Data Permukaan Dan Porositas Zeolit                                     | 57      |
| Tabel 5.4 | Data Optimasi Waktu Adsorpsi                                            | 63      |
| Tabel 5.5 | Data Optimasi Massa Zeolit                                              | 64      |
| Tabel 5.6 | Data Kemampuan Adsorpsi Zeolit Pada Variasi Konsentrasi IS              | 66      |
| Tabel 5.7 | Parameter Isoterm Adsorpsi <i>Langmuir</i> dan <i>Freudlich</i>         | 67      |
| Tabel 5.8 | Kinetika Adsorpsi                                                       | 68      |
| Tabel 5.9 | Selektifitas ZS dan IZ-IS                                               | 70      |

**DAFTAR LAMPIRAN**

| No.        | Judul Lampiran                           |
|------------|------------------------------------------|
| Lampiran 1 | Perhitungan Sintesis Zeolit Y            |
| Lampiran 2 | Perhitungan Larutan Indoksil Sulfat (IS) |
| Lampiran 3 | Perhitungan Massa IS untuk IZ-IS         |
| Lampiran 4 | Kurva Standart                           |
| Lampiran 5 | Konversi Adsorpsi Membran HF-MMM/IZ-IS   |