

**APLIKASI ZEOLIT Y PADA SISTEM HEMOPERFUSI
TERHADAP RACUN UREMİK INDOKSIL SULFAT**

SKRIPSI



FARA SALSABILA

**PROGRAM STUDI S-1 KIMIA
DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA**

2022

**APLIKASI ZEOLIT Y PADA SISTEM HEMOPERFUSI
TERHADAP RACUN UREMİK INDOKSIL SULFAT**

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelara Sarjana Sains Bidang Kimia
pada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga

Oleh:

Fara Salsabila

NIM. 081811533053

Tanggal lulus: 21 Juli 2022

Disetujui oleh

Pembimbing I,

Pembimbing II,


Yanuardi Raharjo, S.Si., M.Sc., Ph.D.

NIP. 19840103201212005


Dr. Handoko Darmokoesoemo Drs., DEA.

NIP. 1962211021988101001

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : Aplikasi Zeolit Y pada Sistem Hemoperfusi Terhadap Racun
Uremik Indoksil Sulfat

Penyusun : Fara Salsabila

NIM : 081811533053

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

Pembimbing II : Dr. Handoko Darmokoesoemo Drs., DEA.

Tanggal Sidang : 21 Juli 2022

Disetujui oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,

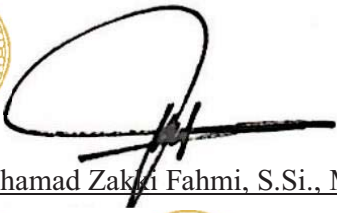

Yanuardi Raharjo, S.Si., M.Sc., Ph.D.

NIP. 19840103201212005


Dr. Handoko Darmokoesoemo Drs., DEA.

NIP. 1962211021988101001

Mengetahui,
Ketua Departemen Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga


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

NIP. 198307022009121005

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

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

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan naskah skripsi **“Aplikasi Zeolit Y pada Sistem Hemoperfusi Terhadap Racun Uremik Indoksil Sulfat.”**

Naskah skripsi ini disusun sebagai kerangka acuan melaksanakan penelitian skripsi yang merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dalam bidang ilmu kimia di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga.

Penulisan naskah skripsi 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 Yanuardi Raharjo, S.Si., M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I atas bimbingan dan arahan, saran, dan motivasi yang diberikan dalam penulisan naskah skripsi.
2. Bapak Dr. Handoko Darmokoesoemo, Drs., DEA., selaku Dosen Pembimbing II atas bimbingan dan arahan selama penulisan naskah skripsi.
3. Bapak Ahmadi Jaya Permana, S.Si., M.Si., selaku Dosen Wali yang telah memberikan arahan dan motivasi selama studi di Program Studi Kimia.
4. Bapak/Ibu Dosen yang telah mendidik dan memberikan ilmu, serta nasehat selama penulis menempuh studi S-1 Kimia di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga.
5. Kedua orang tua dan seluruh anggota keluarga yang selalu mendoakan dan memberikan motivasi serta dukungan moral maupun material dalam proses penyusunan naskah skripsi.
6. Teman-teman satu bimbingan dan teman-teman Kimia Angkatan 2018 H18RID yang senantiasa berbagi ilmu, memberikan semangat, bantuan, dan motivasi selama proses penyusunan naskah skripsi.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan naskah ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan naskah skripsi ini.

Surabaya, 21 Juli 2022

Penyusun

Fara Salsabila

Salsabila, Fara, 2022, Aplikasi Zeolit Y pada Sistem Hemoperfusi Terhadap Racun Uremik Indoksil Sulfat, skripsi ini dibawah bimbingan Yanuardi Raharjo, S.Si., M.Sc., Ph.D. dan Dr. Handoko Darmokoesoemo, Drs., DEA., Departemen Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.

ABSTRAK

Penelitian ini mempelajari kemampuan adsorpsi zeolit Y terhadap racun uremik indoksil sulfat (IS) dalam penerapan sistem hemoperfusi pada hemodialisis beserta sifat biokompatibilitasnya. Jenis zeolit yang digunakan yaitu zeolit Y komersil dan zeolit Y yang disintesis secara hidrotermal dengan komposisi molar 4 Na₂O : 1Al₂O₃ : 10 SiO₂ : 180 H₂O. Adsorpsi zeolit Y dengan 50 ppm larutan indoksil sulfat menunjukkan penyerapan optimum pada waktu kontak 30 menit dan kecepatan pengadukan 100 rpm. Pada parameter optimum ini, kapasitas adsorpsi zeolit Y komersil sebesar 7,06 mg/g dengan efisiensi adsorpsi sebesar 56,68% dan kapasitas adsorpsi zeolit Y sintesis sebesar 7,21 mg/g dengan efisiensi adsorpsi 59,93%. Hasil kajian isoterm adsorpsi menunjukkan model isoterm Freundlich dengan tingkat energi situs aktif yang bersifat heterogen dengan jenis multilayer. Sementara itu, hasil kajian kinetika adsorpsi menunjukkan model pseudo orde dua. Biokompatibilitas dipelajari dari adsorpsi protein, waktu koagulasi darah, dan uji antibakteri. Hasil penelitian menunjukkan kedua jenis zeolit Y tidak mampu mengadsorpsi protein jenis *bovine serum albumin* (BSA). Hasil perpanjangan waktu koagulasi darah pada zeolit Y hasil sintesis masih dalam batas normal (20-45 detik). Hasil penelitian antibakteri pada gram positif dan negatif menunjukkan bahwa zeolit Y hasil sintesis mampu membentuk zona hambat pada bakteri gram negatif.

Kata kunci: indoksil sulfat, zeolit Y, kapasitas adsorpsi, biokompatibilitas, hemoperfusi.

Salsabila, Fara, 2022, Application of Zeolite Y in the Hemoperfusion System Against Uremic Toxins of Indoxyl Sulfate, this final project is under guidance of Yanuardi Raharjo, S.Si., M.Sc., Ph.D. dan Dr. Handoko Darmokoesoemo, Drs., DEA., Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Universitas Airlangga, Surabaya.

ABSTRACT

This study examined the adsorption ability of zeolite Y against uremic toxins of indoxyl sulfate (IS) in the application of the hemoperfusion system in hemodialysis and its biocompatibility properties. The types of zeolite used are commercial zeolite Y and hydrothermally synthesized zeolite Y with a molar composition of $4 \text{ Na}_2\text{O} : 1 \text{ Al}_2\text{O}_3 : 10 \text{ SiO}_2 : 180 \text{ H}_2\text{O}$. Adsorption of zeolite Y with 50 ppm of indoxyl sulfate solution showed optimum absorption at a contact time of 30 minutes and a stirring speed of 100 rpm. At this optimum parameter, the commercial zeolite Y adsorption capacity was 7.06 mg/g with adsorption efficiency of 56.68% and the synthetic zeolite Y adsorption capacity was 7.21 mg/g with adsorption efficiency of 59.93%. The adsorption isotherm study showed a Freundlich isotherm model with an energy level of active sites heterogeneous with a multilayer type. Meanwhile, the study of adsorption kinetics showed a pseudo-second-order model. Biocompatibility was studied from protein adsorption, blood coagulation time, and antibacterial assays. The results showed that both types of zeolite Y could not adsorb bovine serum albumin (BSA) type proteins. The result of prolongation of blood coagulation time in the zeolite Y synthesis was still within normal limits (20-45 seconds). The antibacterial studies on gram-positive and negative showed that zeolite Y synthesis could form inhibition zones in gram-negative bacteria.

Keywords: indoxyl sulfate, zeolite Y, adsorption capacity, biocompatibility, hemoperfusion

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Fara Salsabila
NIM : 081811533053
Program Studi : S1 Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi
Jenjang : Sarjana (S1)

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

“Aplikasi Zeolit Y pada Sistem Hemoperfusi Terhadap Racun Uremik Indoksil Sulfat.”

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 21 Juli 2022

Fara Salsabila

NIM. 081811533053

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI.....	iii
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	iii
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Gagal Ginjal dan Perawatan Medis	7
2.1.1 Peritoneal dialisis (PD)	9
2.1.2 Transplantasi ginjal.....	10
2.1.3 Hemodialisis.....	11
2.2 Sistem Hemoperfusi	12
2.3 Adsorpsi.....	14
2.4 Zeolit.....	19
2.4.1 Struktur zeolit.....	20
2.4.2 Zeolit sintesis	21
2.4.2.1 Zeolit Y	22
2.4.2.2 Ag-zeolit Y	24
2.5 Racun Uremik (<i>Uremic Toxins</i>)	25
2.6 Indoksil Sulfat (IS)	25
2.7 Biokompatibilitas	27
2.8 Karakterisasi	30

2.8.1 <i>Fourier transform infrared</i> (FTIR)	30
2.8.2 <i>Surface area analyzer</i> (SAA) dengan BET	30
2.8.3 <i>X-ray diffraction</i> (XRD).....	32
2.8.4 <i>Field emission scanning electron microscope</i> (FESEM).....	33
BAB III METODE PENELITIAN	34
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	34
3.2 Bahan dan Alat Penelitian	34
3.2.1 Bahan penelitian.....	34
3.2.2 Alat penelitian	35
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	36
3.4 Prosedur Penelitian	37
3.4.1 Sintesis zeolit Y	37
3.4.2 Sintesis Ag-zeolit Y	37
3.4.3 Karakterisasi.....	38
3.4.3.1 <i>X-ray diffraction</i> (XRD)	38
3.4.3.2 <i>Fourier transformation infrared</i> (FTIR)	38
3.4.3.3 <i>Field emission scanning electron microscope</i> (FESEM).....	38
3.4.3.4 <i>Surface area analyzer</i> (SAA) metode BET	38
3.4.4 Pembuatan larutan indoksil sulfat (IS).....	39
3.4.5 Analisis indoksil sulfat.....	39
3.4.6 Uji kapasitas adsorpsi zeolit Y komersil dan hasil sintesis....	40
3.4.6.1 Pengaruh variasi waktu kontak.....	41
3.4.6.2 Pengaruh variasi kecepatan pengadukan	41
3.4.6.3 Pengaruh variasi konsentrasi larutan indoksil sulfat ...	42
3.4.7 Uji biokompatibilitas.....	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1 Hasil Sintesis Zeolit Y	44
4.2 Hasil Karakterisasi Zeolit Y	45
4.2.1. Hasil karakterisasi dengan <i>x-ray diffraction</i> (XRD)	45
4.2.2. Hasil karakterisasi dengan <i>fourier transform infra red</i> (FTIR)	47
4.2.3. Hasil karakterisasi morfologi permukaan zeolit dengan <i>field</i> <i>emission scanning electron microscope</i> FESEM.....	50

4.2.4. Hasil karakterisasi luas permukaan dan porositas adsorben dengan BET.....	51
4.3 Hasil Pembuatan Kurva Standar Indoksil Sulfat	52
4.4 Hasil Uji Kapasitas Adsorpsi Zeolit Y Komersil dan Zeolit Y Hasil Sintesis	55
4.4.1 Hasil kapasitas adsorpsi pengaruh waktu kontak.....	55
4.4.2 Hasil kapasitas adsorpsi pengaruh variasi kecepatan pengadukan	57
4.4.3 Hasil kapasitas adsorpsi pengaruh variasi konsentrasi larutan indoksil sulfat.....	59
4.4.4 Perbandingan kemampuan adsorpsi Zeolit Y Komersil dan Zeolit Y Hasil Sintesis	61
4.4.5 Model isoterm adsorpsi.....	63
4.4.6 Model kinetika adsorpsi	65
4.5 Hasil Uji Biokompatibilitas	67
4.5.1 Adsorpsi protein.....	67
4.5.2 Tes waktu koagulasi darah dengan APTT	69
4.5.3 Uji antibakteri	70
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	75
5.1 Kesimpulan.....	75
5.2 Saran.....	76
DAFTAR PUSTAKA	77
LAMPIRAN.....	87

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
2.1	Gejala penyakit gagal ginjal (Mehta <i>et al.</i> , 2007)	8
2.2	Adsorben yang pernah digunakan untuk pemurnian darah (Raharjo <i>et al.</i> , 2019)	14
2.3	Nilai rentang perilaku adsorpsi awal (R_i) berdasarkan model IPD (Wu <i>et al.</i> , 2009)	18
2.4	Macam Zeolit Sintesis (Bogdanov <i>et al.</i> , 2009)	22
4.1	Data perbandingan puncak spektra zeolit Y	47
4.2	Data FTIR zeolit Y komersil, sintesis dan zeolit Y pembanding	49
4.3	Luas permukaan dan porositas zeolit Y	51
4.4	Data absorbansi pada pengukuran larutan standar IS dengan spektrofotometer UV-Vis	54
4.5	Data nilai efisiensi adsorpsi dan kapasitas adsorpsi (q_e) zeolit Y terhadap IS pada variasi waktu kontak	55
4.6	Data nilai efisiensi adsorpsi dan kapasitas adsorpsi (q_e) zeolit Y terhadap IS pada variasi kecepatan pengadukan.	58
4.7	Data nilai efisiensi adsorpsi dan kapasitas adsorpsi (q_e) zeolit Y terhadap IS pada variasi konsentrasi larutan umpan	60
4.8	Isoterm adsorpsi parameter Langmuir dan Freundlich untuk Zeolit Y komersil dan Zeolit Y hasil sintesis	64
4.9	Model kinetika adsorpsi untuk zeolit Y komersil dan hasil sintesis	65
4.10	Model kinetika difusi-intra partikel zeolit Y komersil dan hasil sintesis	66
4.11	Hasil diameter zona hambat pada bakteri gram negatif E. coli pada berbagai konsentrasi perlakuan zeolit Y hasil sintesis dan Ag zeolit Y dengan metode difusi cakram	71

4. 12 Hasil diameter zona hambat pada bakteri gram positif *S. aureus* pada berbagai konsentrasi perlakuan zeolit Y hasil sintesis dan Ag zeolit Y dengan metode difusi cakram 73

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
2.1	Ginjal Manusia (Mitchell <i>et al.</i> , 2006)	7
2.2	Anatomi Nefron pada Ginjal	8
2.3	(A) Prinsip Hemodialisis (B) Hemodialyzer	11
2.4	Struktur Zeolit	21
2.5	Struktur Kerangka Faujasite (Xu <i>et al.</i> , 2007)	23
2. 6	Struktur Indoksil Sulfat	26
2. 7	Tipe grafik isoterm adsorpsi-desorpsi gas (Donohue <i>et al.</i> , 1998)	32
2.8	Skema berkas sinar-X memantulkan sinar kristal Bragg (Walock, 2012)	33
3. 1	Diagram alir penelitian	37
4. 1	Gambar zeolit Y hasil sintesis (A) dan komersil (B)	45
4. 2	Pola difraktogram zeolit Y komersil dan sintesis	46
4. 3	Spektra FTIR zeolit Y	48
4. 4	Perbandingan FESEM serbuk zeolit Y hasil sintesis (A) Perbesaran 20.000x (B) Perbesaran 50.000x	50
4. 5	Isoterm adsorpsi nitrogen dari zeolit Y komersil dan sintesis	52
4. 6	Spektra hasil penentuan panjang gelombang maksimum	53
4. 7	Kurva standar indoksil sulfat	54
4. 8	Kurva hubungan waktu kontak dengan kapasitas adsorpsi	56
4. 9	Kurva hubungan kecepatan pengadukan dengan kapasitas adsorpsi	58
4. 10	Kurva hubungan variasi konsentrasi dengan kapasitas adsorpsi	60
4. 11	Prediksi ikatan hidrogen antara IS dengan zeolit	62

4. 12	Kurva analisis kinetika adsorpsi model difusi intra-partikel	67
4. 13	Perbandingan hasil kapasitas adsorpsi BSA antara zeolit Y komersil dan sintesis	69
4. 14	Hasil tes waktu koagulasi darah dengan APTT	70
4. 15	Gambar hasil uji antibakteri senyawa (A) Zeolit Y hasil sintesis 500 ppm (B) Ag zeolit Y 300 ppm (C) Ag zeolit Y 5000 ppm terhadap bakteri E. coli.	72
4. 16	Gambar hasil uji antimikroba senyawa (A) Zeolit Y hasil sintesis 500 ppm (B) Ag zeolit Y 500 ppm (C) Ag zeolit Y 5000 ppm terhadap bakteri S. aureus	74

DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul
1.	Perhitungan Komposisi Bahan Sintesis Zeolit-Y
2.	Perhitungan Larutan Indoksil Sulfat (IS)
3.	Perhitungan Pembuatan Larutan BSA
4.	Kurva Standar Indoksil Sulfat
5.	Hasil perhitungan kapasitas adsorpsi zeolit Y komersil/hasil sintesis pengaruh waktu kontak
6.	Hasil perhitungan kapasitas adsorpsi zeolit Y komersil/hasil sintesis pengaruh variasi konsentrasi
7.	Hasil perhitungan kapasitas adsorpsi zeolit Y komersil/hasil sintesis pengaruh variasi kecepatan pengadukan
8.	Kurva standar adsorpsi protein BSA