

Dr. Ana Hidayati Mukaromah, M.Si

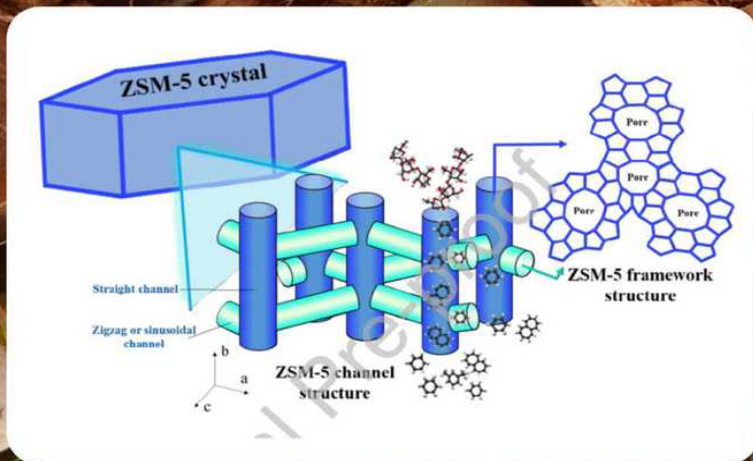


MONOGRAF

# ADSORBEN ALAMI DAN ADSORBEN SINTETIS

(ZSM-5, ZSM-5/TiO<sub>2</sub>, MEMBRAN ZSM-5, DAN MEMBRAN ZSM-5/TiO<sub>2</sub>)

UNTUK APLIKASI LINGKUNGAN DAN KESEHATAN



# **MONOGRAF: ADSORBEN ALAMI DAN ADSORBEN SINTETIS**

**(ZSM-5, ZSM-5/TiO<sub>2</sub>, MEMBRAN ZSM-5,  
DAN MEMBRAN ZSM-5/TiO<sub>2</sub>)  
UNTUK APLIKASI LINGKUNGAN  
DAN KESEHATAN**

## UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

### **Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4**

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

### **Pembatasan Pelindungan Pasal 26**

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. Penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

### **Sanksi Pelanggaran Pasal 113**

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

# **MONOGRAF: ADSORBEN ALAMI DAN ADSORBEN SINTETIS**

**(ZSM-5, ZSM-5/TiO<sub>2</sub>, MEMBRAN ZSM-5,  
DAN MEMBRAN ZSM-5/TiO<sub>2</sub>)  
UNTUK APLIKASI LINGKUNGAN  
DAN KESEHATAN**

Dr. Ana Hidayati Mukaromah, M.Si



*Cerdas, Bahagia, Mulia, Lintas Generasi.*

**MONOGRAF: ADSORBEN ALAMI DAN ADSORBEN SINTETIS  
(ZSM-5, ZSM-5/TiO<sub>2</sub>, MEMBRAN ZSM-5, DAN MEMBRAN ZSM-5/TiO<sub>2</sub>)  
UNTUK APLIKASI LINGKUNGAN DAN KESEHATAN**

**Ana Hidayati Mukaromah**

Desain Cover :  
**Ali Hasan Zein**

Sumber :  
Phonlamai Photo (www.shutterstock.com)

Tata Letak :  
**Ajuk**

Proofreader :  
**A. Timor Eldian**

Ukuran :  
**xiii, 106 hlm, Uk: 15.5x23 cm**

ISBN :  
**978-623-02-8073-3**

Cetakan Pertama :  
**Desember 2023**

Hak Cipta 2023, Pada Penulis

---

Isi diluar tanggung jawab percetakan

---

**Copyright © 2023 by Deepublish Publisher**  
All Right Reserved

Hak cipta dilindungi undang-undang  
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau  
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini  
tanpa izin tertulis dari Penerbit.

**PENERBIT DEEPUBLISH**  
**(Grup Penerbitan CV BUDI UTAMA)**  
Anggota IKAPI (076/DIY/2012)

Jl.Rajawali, G. Elang 6, No 3, Drono, Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman  
Jl.Kaliurang Km.9,3 – Yogyakarta 55581

Telp/Faks: (0274) 4533427  
Website: www.deepublish.co.id  
www.penerbitdeepublish.com  
E-mail: cs@deepublish.co.id

## KATA PENGANTAR PENERBIT

Segala puji kami haturkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan segala anugerah dan karunia-Nya. Dalam rangka mencerdaskan dan memuliakan umat manusia dengan penyediaan serta pemanfaatan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk menciptakan industri *processing* berbasis sumber daya alam (SDA) Indonesia, Penerbit Deepublish dengan bangga menerbitkan buku dengan judul *Monograf: Adsorben Alami Dan Adsorben Sintetis (ZSM-5, ZSM-5/TiO<sub>2</sub>, Membran Membran ZSM-5, dan Membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub>) untuk Aplikasi Lingkungan dan Kesehatan*.

Terima kasih dan penghargaan terbesar kami sampaikan kepada penulis, Dr. Ana Hidayati Mukaromah, M.Si., yang telah memberikan kepercayaan, perhatian, dan kontribusi penuh demi kesempurnaan buku ini. Semoga buku ini bermanfaat bagi semua pembaca, mampu berkontribusi dalam mencerdaskan dan memuliakan umat manusia, serta mengoptimalkan pemanfaatan ilmu pengetahuan dan teknologi di tanah air.

Hormat Kami,

**Penerbit Deepublish**

# DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR PENERBIT .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB 1. PROLOG.....	1
BAB 2. ADSORBEN ALAMI.....	4
A. Adsorben berbasis biologis: Adsorben Alami dari bahan tumbuhan/Hewan.....	6
B. Adsorben Berbasis Karbon: Karbon Aktif .....	8
BAB 3. ADSORBEN SINTETIS.....	16
A. Sintesis ZM-5 Metode Hidrotermal.....	18
B. Sintesis ZSM-5 pada Suhu Rendah (90°).....	21
C. Sintesis ZSM-5/TiO <sub>2</sub> .....	23
D. Membran ZSM-5.....	23
E. Sintesis Membran ZSM-5/TiO <sub>2</sub> .....	24
BAB 4. KARAKTERISASI ADSORBEN ALAMI.....	25
A. Kadar Air.....	25
B. Kadar Abu .....	25
C. Daya Serap Iodium.....	26
D. <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR).....	28
E. <i>Scanning</i> Electron Microscopy (SEM).....	30

BAB 5	KARAKTERISASI ADSORBEN SINTETIS: ZSM-5, ZSM-5/TiO <sub>2</sub> , MEMBRAN ZSM-5 dan MEMBRAN ZSM-5/TiO <sub>2</sub> ....	32
A.	Karakterisasi ZSM-5 dari Bahan Baku Zeolit yang Berasal dari Lampung secara Hidrotermal.....	33
B.	Difraksi Sinar-X (XRD) .....	34
C.	Karakterisasi ZSM-5 yang Disintesis pada Suhu Rendah (90°C).....	38
D.	Karakterisasi ZSM-5/TiO <sub>2</sub> .....	41
E.	Karakterisasi Membran ZSM-5.....	44
BAB 6.	PENURUNAN KONSENTRASI Cu(II) DALAM AIR DENGAN SERBUK ZSM-5/TiO <sub>2</sub> DAN MEMBRAN ZSM-5/TiO <sub>2</sub> .....	47
A.	Alat dan Bahan yang diperlukan .....	47
B.	Pembuatan baku induk Cu <sup>2+</sup> 100 ppm sebanyak 1000 mL .....	47
BAB 7.	PENURUNAN KONSENTRASI Cr(VI) DENGAN SERBUK ZSM-5/TiO <sub>2</sub> DAN MEMBRAN ZSM-5/TiO <sub>2</sub> .....	56
BAB 8.	POTENSI MEMBRAN ZSM-5/TiO <sub>2</sub> SEBAGAI FILTRASI KADAR UREUM DAN KREATININ PADA DARAH .....	63
A.	Peran Kadar Ureum dan Kreatinin dalam Tubuh dan Dampak Kesehatan Akibat Kadar Ureum dan Kreatinin Berlebih.....	63
B.	Prosedur Penyaringan Menggunakan Prototype Alat Hemodialisa .....	69
C.	Pemeriksaan Kadar Kreatinin dan Ureum.....	70
D.	Analisis Data .....	72



BAB 9. PENURUNAN GAS KARBON MONOKSIDA.....	78
A. Penurunan Gas Karbon Monoksida Di Dalam Ruangan Berdasarkan Variasi jenis Kasa .....	79
B. Penurunan Gas Karbon Monoksida Di Dalam Ruangan Berdasarkan Variasi jenis Kasa dan Ukuran Kasa .....	81
C. Penurunan Gas CO dari Knalpot Kendaraan Bermotor ....	83
REFERENSI.....	87
GLOSARIUM .....	100
PROFIL PENULIS .....	106

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Absorbansi dan konsentrasi Mn(II) setelah melewati membran BK-TiO <sub>2</sub> (Mukaromah, 2023) .....	13
Tabel 4.1.	Hasil Uji Kualitas Arang Aktif Tempurung Kelapa.....	27
Tabel 4.2	Kadar Cr(VI) awal dan setelah direndam dengan arang Tempurung Kelapa Teraktivasi CaCl <sub>2</sub> .....	28
Tabel 5.1.	Karakteristik Katalis ZSM-5 secara hidrothermal.....	33
Tabel 5.2	EDX variasi jenis Kasa Sebelum dan Sesudah <i>Pretreatment</i> .....	45
Tabel 6.1	Optimasi Panjang Gelombang.....	50
Tabel 6.2.	Optimasi Waktu Kestabilan.....	51
Tabel 6.3	Absorbansi Baku Seri Cu <sup>2+</sup> dari 0,5– 5,0 ppm .....	53
Tabel 6.4.	Persentase Penurunan Kadar Ion Cu (II) dengan Variasi Serbuk ZSM-5/TiO <sub>2</sub> waktu Penyinaran 75 menit .....	54
Table 6.5	Persentase Penurunan Kadar Ion Cu (II) dengan Membran ZSM-5/TiO <sub>2</sub> .....	55
Tabel 7.1	Kadar Cr(VI) awal sebelum perendaman.....	61
Tabel 7.2	Persentase Penurunan Kadar Cr(VI) menggunakan Serbuk ZSM-5/TiO <sub>2</sub> .....	61
Tabel 8.1	Distribusi Kadar Kreatinin filtrasi variasi membran ZSM-5/TiO <sub>2</sub> 20:1 dan 20:5 .....	73
Tabel 8.2	Distribusi Kadar Ureum filtrasi variasi membran ZSM-5/TiO <sub>2</sub> 20:1 dan 20:5.....	74
Tabel 9.1	Kapasitas adsorpsi membran zeolit ZSM-5 berdasarkan variasi jenis dan ukuran kasa <i>stainless steel</i> (mg/g) Terhadap Penurunan Gas CO di dalam Ruangan .....	80
Tabel 9.2	Perbandingan rata-rata penurunan kadar gas CO dan kapasitas adsorpsi membran zeolit ZSM-5 .....	80
Tabel 9.3	Penurunan Kadar gas CO dengan variasi ukuran membran ZSM-5 dan waktu kontak.....	82
Tabel 9.4	Data Penurunan kadar gas CO dengan variasi jenis kasa dan waktu kontak .....	84

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tipe adsorben dan precursor- precursor yang potensial untuk sintesis .....	6
Gambar 2.2	Proses pembuatan serbuk Biji Kelor/TiO <sub>2</sub> (a) dan Proses pembuatan arang aktif Biji Kelor (b) .....	10
Gambar 2.3	Proses pembuatan arang aktif Biji Kelor/TiO <sub>2</sub> .....	11
Gambar 2.4	Persentase Penurunan Kadar Mn(II) setelah melewati membrane BK/TiO <sub>2</sub> A 20:1; B 20:3; C 20:5; D 20:7; E 20:9. ....	13
Gambar 2.5	Morfologi SEM with 1500x serbuk Biji Kelor/TiO <sub>2</sub> Membran dengan Jumlah massa TiO <sub>2</sub> A 1g; B 3g; C 5g; D 7g; E 9g. ....	14
Gambar 2.6	Grafik Persentase Massa Unsur Carbon dan TiO <sub>2</sub> pada Membran BK/TiO <sub>2</sub> dengan Massa TiO <sub>2</sub> A, B, C, D, dan E 1; 3; 5; 7; and 9 g.....	14
Gambar 3.1	Permukaan eksternal, volume pori dan volume mesopore ZSM-5 .....	16
Gambar 3.2	Sintesis ZSM-5 dengan Metode Hidrotermal.....	19
Gambar 3.3	Sintesis ZSM-5 dengan bahan komersial .....	20
Gambar 3.4	Sintesis ZSM-5 pada Suhu 90°C .....	22
Gambar 4.1	Spektrum FTIR (a) Arang hasil pirolisis, (b) Arang hasil pemurnian dengan HNO <sub>3</sub> 1 M, (c) Arang hasil pemurnian dengan HNO <sub>3</sub> 2 M.....	29
Gambar 4.2	Morfologi permukaan arang aktif Tempurung kelapa (SEM) di Laboratorium BRIN Cibinong.....	30
Gambar 4.3	Pola difraksi serbuk tempurung kelapa teraktivasi suhu pemanasan 400 °C.....	34
Gambar 5.1	Pola difraksi sinar X dari ZSM-5 .....	35
Gambar 5.2	Foto SEM ZSM-5 yang dihasilkan.....	35
Gambar 5.3	Adsorpsi-desorpsi isothermal nitrogen.....	36
Gambar 5.4	Distribusi Pori.....	37
Gambar 5.5	Grafik hubungan antara suhu dehidrasi dan	

	selektivitas etilena.....	37
Gambar 5.6	(a). Pola difraksi sinar X ZSM-5 hasil sintesis, (b). Plot kristalinitas dari data XRD versus rasio luas permukaan terhadap volume reaktor.....	38
Gambar 5.7	Spektra FTIR hasil zeolit ZSM-5, (b). Plot kristalinitas dari data FTIR versus rasio luas permukaan terhadap volume reaktor.....	39
Gambar 5.8	Citra SEM produk reaktor I dengan (a) perbesaran 5000 x, (b) perbesaran 10.000 x, (c) Hubungan histogram distribusi ukuran partikel dan frekuensi ZSM-5.....	40
Gambar 5.9	Pola difraksi ZSM-5 (a), dan pola difraksi ZSM-5/TiO <sub>2</sub> dengan perbandingan 20:1 (b); 20:3 (c); 20:5 (d) ; dan 20:7 (e). .....	41
Gambar 5.10	Difraktogram TiO <sub>2</sub> .....	42
Gambar 5.11	SEM dengan perbesaran 20.000 x ZSM-5 (a), TiO <sub>2</sub> (b) dan ZSM-5/TiO <sub>2</sub> dengan perbandingan ZSM-5:TiO <sub>2</sub> 20:1 (c); 20:3 (d); 20:5 (e) ; dan 20:7 (f). (Lab Terpadu UNDIP, 2021). .....	43
Gambar 5.12	Pola difraksi Sinar X Membran ZSM-5.....	44
Gambar 5.13	SEM dari variasi ukuran kasa (mesh) sebelum <i>pretreatment</i> dengan pembesaran 300x (a) 180; (b) 200; (c) 400 dan setelah <i>pretreatment</i> dengan pembesaran 300x (d) 400; (e) 200; (f) 180. ....	45
Gambar 5.14	Citra SEM membran ZSM-5 dengan perbesaran 10.000x jenis dan ukuran kasa (mesh) (a1) 304-200; (b1) 304-400; (c1) AISI 316-180 dan citra FTIR (a2) 304-200; (b2) 304-400; (c2) AISI 316-180 dengan <i>pretreatment</i> direndam Toluena selama 12 jam, HCl 15% selama 20 menit, dan TPABr 0,1 M selama 12 jam. ....	46
Gambar 6.1	Pembuatan Baku Cu(II) 10,0 ppm.....	48
Gambar 6.2	Grafik optimasi panjang gelombang.....	50
Gambar 6.3	Optimasi Waktu Kestabilan.....	51
Gambar 6.4	Pembuatan kurva Baku Cu(II) dan sampel.....	52

Gambar 6.5	Grafik Kurva Baku Seri Cu <sup>2+</sup> 0,5–5,0 ppm .....	53
Gambar 6.6	Penurunan Konsentrasi Ion Cu(II) (%) dengan Membran ZSM-5/TiO <sub>2</sub> dari Konsentrasi Ion Cu(II) awal 47,13±0,53 mg/L.....	55
Gambar 7.1.	Pembuatan Baku Cr(VI) 10,0 ppm.....	57
Gambar 7.2	Optimasi Panjang Gelombang.....	58
Gambar 7.3	Optimasi Waktu Kestabilan.....	59
Gambar 7.4	Pembuatan Kurva Baku Cr(VI) dan sampel .....	60
Gambar 7.5	Kurva Kalibrasi baku seri Cr(VI) .....	60
Gambar 7.6	Penurunan Konsentrasi Cr(VI) dengan membran ZSM-5/TiO <sub>2</sub> dengan variasi penyangga AISI 316-180. 304-200 dan 304-400 mesh .....	62
Gambar 8.1	Pelapisan precursor ZSM-5/TiO <sub>2</sub> pada kain.....	68
Gambar 8.2	Prototype alat hemodialisa.....	70
Gambar 8.3.	Diagram kadar kreatinin pada berbagai perlakuan sampel.....	72
Gambar 8.4	Diagram Kadar Ureum menggunakan membran ZSM-5/TiO <sub>2</sub> 20:1 dan 20:5 .....	73
Gambar 9.1	Gafik penurunan kadar gas CO (%) terhadap variasi jenis dan ukuran kasa. ....	79
Gambar 9.2.	CO meter Lutron CO800 (a), Kotak uji volume 18.000 cm <sup>3</sup> (b), sampel rokok (c), spuit (d) (sumber : dokumen pribadi) .....	81
Gambar 9.3	Persentase penurunan kadar Gas CO dengan variasi ukuran membran ZSM-5 dan waktu kontak.....	82
Gambar 9.4	Persentase Penurunan Kadar Gas CO Berdasarkan Variasi Jenis Kasa Dan Waktu Kontak .....	85

# **BAB 1.**

## **PROLOG**

Salah satu penyebab pencemaran adalah banyaknya air limbah yang dibuang ke badan air tanpa diolah terlebih dahulu. Pencemaran lingkungan dapat disebabkan dari bahan anorganik seperti logam berat seperti merkuri (Hg), timbal (Pb), arsenik (As), kadmium (Cd), khromium (Cr), dan nikel (Ni), anion pospat, nitrit, dan nitrat. Polutan zat organik seperti detergen, pestisida, Chloroform juga dapat menyebabkan pencemaran. Apabila zat toksik tersebut melebihi ambang batas dan masuk ke dalam tubuh melalui jalur pernapasan, atau secara langsung melalui minuman atau makanan, maka dapat terakumulasi di dalam tubuh suatu organisme, dan dalam jangka waktu lama dapat menimbulkan racun bagi tubuh.

Beberapa bahaya kesehatan yang dapat timbul akibat kandungan logam berat tersebut adalah keracunan, mual, muntah, kerusakan hati dan ginjal, serta kanker. Oleh karena itu, regulasi kesehatan telah menetapkan batasan maksimum kandungan logam berat dalam air minum. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan No. 492 Menkes/Per/IV/2010, batasan maksimum kandungan zat toksik dalam air minum (Menkes, 2010), dan peraturan Menteri Lingkungan Hidup tentang parameter kualitas Air Limbah (Menteri Lingkungan Hidup, 2017).

Upaya menghilangkan zat toksik pada limbah sampai tidak mencemari lingkungan (*zero waste*), maka perlu dilakukan dengan metode kimia maupun biologis di antaranya proses adsorpsi, pertukaran ion (*ion exchange*), *chemical precipitation* dan pemisahan. Adsorpsi merupakan metode yang paling aman, tidak memiliki efek samping yang merugikan kesehatan, sederhana, murah, dan mudah dilakukan. Beberapa bahan yang dapat digunakan sebagai adsorben alami adalah biomaterial seperti sekam padi, serbuk biji kelor, cangkang telur, arang aktif kacang tanah, sedangkan material sintetis seperti TiO<sub>2</sub>, serbuk ZSM-5, membran ZSM-5, dan membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub>. Banyak polimer alam digunakan untuk aplikasi sebagai biomaterial, khususnya kolagen, kitosan, keratin, dan serat sutra.

Dari uraian tersebut, muncul pertanyaan-pertanyaan terkait yang harus dijelaskan sehingga permasalahan yang ada dapat terselesaikan, di antaranya; 1) Bagaimanakah cara memperoleh serbuk adsorben alami, adsorben alami yang teraktivasi secara kimia atau fisika dan cara membuat adsorben sintetis? 2) Bagaimanakah karakterisasi adsorben alami, adsorben alami yang diaktivasi secara kimia atau fisika? 3) Bagaimanakah karakterisasi adsorben sintetis ZSM-5, ZSM-5/TiO<sub>2</sub>, membran ZSM-5, dan membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub>? 4) Bagaimanakah cara mengurangi kadar ion logam dalam air limbah atau air buatan (*artificial*) menggunakan adsorben alami dan adsorben sintetis seperti ZSM-5, ZSM-5/TiO<sub>2</sub>, membran ZSM-5, dan membrane ZSM-5/TiO<sub>2</sub>? 5) Bagaimanakah mengukur kadar ion logam awal, dan kadar ion logam setelah ditambahkan adsorben alami maupun sintetis, persentase penurunan kadar ion logam, dan kadar ion logam setelah ditambahkan adsorben sintetis? 6) Berapakah konsentrasi serbuk adsorben alami maupun adsorben sintetis yang paling efektif dalam menurunkan kadar ion logam paling maksimal? 7) Apakah jenis kasa yang baik dalam sintesis membran ZSM-5, membrane ZSM-5//TiO<sub>2</sub> dan berapakah waktu penyinaran efektif yang dapat menurunkan konsentrasi ion logam secara maksimal? 8) Apakah membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> dengan penyangga kasa kain berpotensi untuk menurunkan kadar ureum dan kreatinin pada sampel darah?

Permasalahan paling utama yang perlu dipecahkan adalah cara menurunkan kadar ion logam dalam air tambahkan gas Karbon Monooksida dan mengurangi kadar ureum dan kreatinin dalam darah pada proses hemodialisa. Tahapan kerja untuk pemecahan permasalahan di atas dapat dilakukan dengan:

1. Sintesis adsorben alami dan Sintetik.
2. Karakterisasi adsorben alami dan Sintetik.
3. Prosedur penurunan kadar Logam berat dalam air , gas Karbon Monooksida, dan kadar kreatinin dan ureum dalam darah.
4. Perhitungan kadar logam berat sebelum dan setelah ditambah adsorben, dan perhitungan persentase penurunan kadar logam dalam air.
5. Prosedur penurunan kadar kreatinin dan kadar ureum dalam sampel

darah dengan membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub>.

6. Perhitungan kadar kreatinin dan ureum sebelum dan setelah melewati membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> dan perhitungan persentase penurunan kadar kreatinin dan kadar ureum dalam sampel darah.

Dengan adanya berbagai permasalahan yang muncul, maka buku ini hadir dengan tujuan untuk; 1) memberikan pemahaman tentang cara membuat serbuk adsorben alami dan yang teraktivasi secara kimia dan fisika, adsorben sintetis (ZSM-5 secara hydrothermal dan suhu rendah (90°C); 2) mengarakterisasi adsorben alami, adsorben alami yang diaktivasi secara kimia atau fisika, adsorben sintetis: ZSM-5, ZSM-5/TiO<sub>2</sub>, membran ZSM-5 dengan XRD dan SEM; 3) menurunkan kadar ion logam dalam air menggunakan adsorben alami dan sintetis; 5) mengukur kadar ion logam awal, dan setelah ditambahkan adsorben, menghitung persentase penurunan kadar ion logam gas CO sebelum dan sesudah ditambahkan adsorben; 6) menentukan konsentrasi adsorben serta waktu perendaman yang efektif dalam menurunkan kadar ion logam secara maksimal; 7) membuat membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> dengan penyangga kasa kain untuk filtrasi ureum dan kreatinin pada sampel darah; 8) menurunkan kadar ureum dan kreatinin pada sampel darah menggunakan membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub>.

Tulisan ini diharapkan dapat membuka wawasan para mahasiswa Teknologi Laboratorium Kesehatan, ahli kimia, dosen dan peneliti, bahwa masalah pencemaran air dapat diatasi dengan penambahan adsorben baik alami maupun sintetis. Selain itu juga dapat menjadi bahan tambahan referensi bagi mahasiswa dan dosen, khususnya pada mata kuliah Kimia Analisis Air dan Toksikologi.



## **BAB 2.**

### **ADSORBEN ALAMI**

Adsorben adalah zat atau bahan yang memiliki kemampuan untuk mengadsorpsi (mengumpulkan dan menahan) molekul atau partikel lain pada permukaannya. Adsorpsi terjadi karena gaya tarik molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Jenis interaksi yang terjadi antara molekul adsorbat dan permukaan adsorben dapat berulang (Palar, H. 2008). Proses adsorpsi menjadi lebih populer di industri, karena biayanya lebih hemat dan tidak menimbulkan efek samping beracun,

Adsorben dapat diklasifikasikan berdasarkan sumbernya menjadi beberapa kategori utama (Rahmi, R. dan Sajidah, 2017). Berikut adalah beberapa macam adsorben yang umum berdasarkan sumbernya:

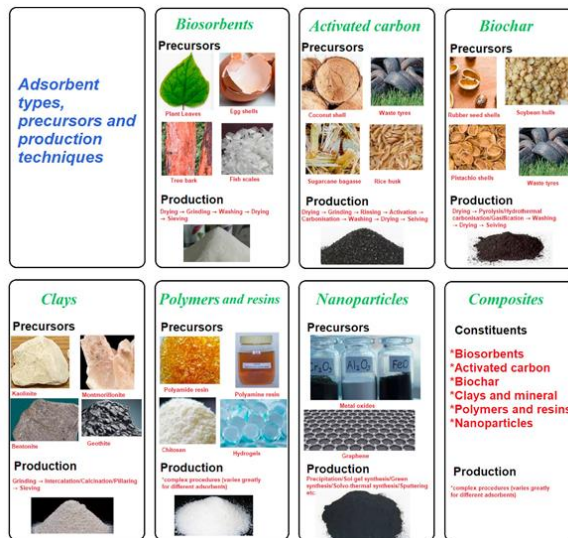
1. Adsorben Alamiah:
  - a. Zeolit, mineral alami dengan struktur berpori yang dapat menangkap molekul di dalam saluran pori;
  - b. Tanah Liat: Beberapa jenis tanah liat digunakan untuk berbagai aplikasi karena sifat adsorpsinya yang baik.
2. Adsorben Buatan:
  - a. Gel silika dan alumina adalah bahan buatan yang memiliki porositas tinggi dan digunakan sebagai desikan dan adsorben;
  - b. Karbon Aktif: dibuat dari bahan karbon, seperti kayu atau batu bara, dengan mengaktifkannya untuk meningkatkan porositasnya; dan
  - c. Polimer Porus: polimer yang memiliki struktur pori untuk menangkap molekul tertentu; dan c. Karbon Molekuler: polimer sintetis yang berpori dan memiliki kapasitas adsorpsi tinggi untuk molekul tertentu.
3. Adsorben Berbasis Logam dan Oksida Logam:
  - a. Silika fase termodifikasi: dapat diubah dengan logam atau senyawa oksida logam untuk meningkatkan sifat adsorpsi;
  - b. Logam oksida seperti alumina dan silika: memiliki sifat adsorpsi yang bervariasi tergantung pada jenis logamnya; dan

- c. Adsorben berbasis logam lainnya seperti silika dan alumina: sifat adsorpsi mereka bervariasi tergantung pada jenis logam yang digunakan.
4. Adsorben Berbasis Karbon:
- a. Karbon Aktif: Bahan yang sangat porus dengan struktur karbon yang sering digunakan dalam pemurnian air dan udara;
  - b. Karbon Nanotube: Bahan yang serupa dengan karbon aktif tetapi dalam bentuk nanotube, memiliki sifat adsorpsi yang berbeda.
5. Adsorben Berbasis Biologis:
- a. Bakteri dan Fungi: Beberapa mikroorganisme memiliki kemampuan adsorpsi, yang dapat digunakan dalam aplikasi lingkungan dan bioteknologi.
  - b. Bahan Tumbuhan: Beberapa bagian tumbuhan memiliki kemampuan adsorpsi, yang dapat digunakan dalam aplikasi lingkungan dan bioteknologi.

Pilihan jenis adsorben ini bergantung pada tujuan dan sifat molekul atau partikel yang akan diadsorpsi.

Buku monograf ini membahas adsorben berbasis biologis yang berasal dari bahan alami, seperti tumbuhan, dan sintetis, seperti ZSM-5.

Menurut Iwuozor *et.al.*, (2021) adsorben dikelompokkan menjadi tujuh kelompok berdasarkan komposisi kimia atau susunannya, yaitu: Biosorben, Karbon aktif, *Biochar* (karbon padat yang dihasilkan dari karbonisasi, pirolisis, atau gasifikasi biomassa, baik tanpa atau dengan oksigen), Tanah Liat dan Mineral, Polimer dan resin, serta Nanopartikel. Tipe adsorben dan precursor- precursor yang potensial untuk sintesis disajikan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Tipe adsorben dan precursor- precursor yang potensial untuk sintesis (Iwuozor *et.al.*, 2021)

### A. Adsorben berbasis biologis: Adsorben Alami dari bahan tumbuhan/Hewan

Kulit pisang, kulit kacang tanah, sekam padi, buah Markisa, tanaman air (*aquatic plants*), biji kelor, dan biomassa adalah biosorben alami yang digunakan untuk mengurangi kadar logam dalam limbah cair. Setiap biosorben ini memiliki tingkat keberhasilan yang berbeda dalam penyerapan logam dari limbah cair (Rahmi, R. dan Sajidah, 2017).

Penggunaan biosorben lebih ramah lingkungan, karena biosorben tidak menghasilkan zat pencemar baru dari proses yang terjadi. Penggunaan biosorben ini lebih menguntungkan dan tidak memerlukan biaya yang mahal, karena ketersediaan di alam sangat melimpah, dan belum banyak dimanfaatkan. Tanaman-tanaman yang dijadikan biosorben biasanya tumbuh secara liar baik di rawa-rawa maupun di sawah. Biosorben tidak menghasilkan zat pencemar baru selama proses, sehingga penggunaan biosorben lebih ramah lingkungan.

Biji mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin, yang dapat berfungsi sebagai karbon aktif dalam adsorben. Jenis bahan baku yang digunakan, kondisi sarana prasarana, tingkat teknologi, dan Efisiensi

proses yang ditargetkan menentukan metode pembuatan karbon aktif. Biji mangga, asam jawa, bidara arab, kapuk, dan kurma memiliki kemampuan untuk menyerap adsorbat. Selain biji, kulit, batang, atau daun dapat digunakan untuk adsorben. Setelah dibersihkan dari kotoran yang melekat pada kulit, bagian-bagian tanaman dijemur selama satu hari atau dikeringkan dalam oven dengan suhu 60 °C selama tiga puluh empat jam, kemudian bagian-bagian tanaman diblender dan diayak dengan ayakan 60 mesh (Najib, Kurniaty, dan Rusnadi, 2016).

Beberapa contoh penelitian yang menggunakan bahan tanaman dan hewan sebagai adsorben untuk menurunkan kadar logam di dalam air adalah:

**a. Biji Kelor**

Yusrin, Mukaromah, dan Maharani (2015) menyatakan bahwa biji kelor memiliki sifat polielektrolit kationik dan sifat flokulan alami, memiliki komposisi kimia polipeptida dengan BM antara 6000 dan 16000 Dalton, dan mengandung asam amino (asam glutamat, metionin, dan arginin), yang merupakan komponen struktur protein. Penggunaan 2, 4, 8 dan 10 biji kelor dalam waktu perendaman antara 15 dan 60 menit, ion besi (II) dapat didegradasi antara 38,96 dan 48,16%. Degradasi ion besi (II) tertinggi 43,28% dicapai dengan 6 biji kelor yang direndam selama 30 menit.

**b. Markisa (*Passiflora edulis*)**

Ion Cr(VI) pada kerang hijau direndam dengan larutan Markisa (*Passiflora edulis*) konsentrasi 25, 50 dan 75% v/v, dengan lama perendaman 45 menit, 60 menit, dan 75 menit. Kadar Cr(VI) awal diperoleh 8,69 mg/kg, dan penurunan ion Cr(VI) tertinggi 80,84% menggunakan larutan markisa pada 75% v/v dan lama perendaman 75 menit. Variasi dalam konsentrasi dan lama perendaman sari buah markisa mempengaruhi penurunan kadar Cr(VI) (Wardhani dkk., 2019).

**c. Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.)**

Sebagai fitoremediasi, kayu apu tanaman air dapat menurunkan kadar logam mangan (Mn) dan kadmium (Cd) dalam air kolam yang berasal dari tambang batubara. Kadar Logam Mn dapat diturunkan sebesar 55,56 persen dan logam kadmium sebesar 81,81 persen

(Purnama, Kusumawati, dan Susanto, 2018).

**d. Cangkang Telur Puyuh**

Setelah perendaman dengan serbuk cangkang telur puyuh 8% b/v selama 30, 60 dan 90 menit, kadar sampel Mn(II) awal adalah 2,04 mg/L, dan kadar sampel adisi adalah 24,13 mg/L. Selama 90 menit perendaman, kadar ion Mn(II) turun sebesar 93,30% (Sejati *et al.*, 2021).

## **B. Adsorben Berbasis Karbon: Karbon Aktif**

Karbon aktif atau arang sering digunakan sebagai adsorben untuk membersihkan air, minyak, bahan, bau tidak sedap, katalis, dan kadar logam. Arang dimurnikan dan diaktivasi dengan suatu zat atau dengan suhu tinggi, sehingga dapat meningkatkan daya serap arangnya (Faradila, 2019). Siboro (2013) menyatakan bahwa arang aktif adalah senyawa karbon yang dibuat dari bahan yang mengandung karbon atau arang yang diperlakukan untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas dan diaktifkan. Arang biji kelor diaktifasi dengan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , yang menyebabkan pHnya menjadi basa dan mempercepat pembentukan koagulan. Luas permukaan arang aktif berkisar antara 300 dan 3500 meter persegi per gram. Zat aktif 4-alfa-rhamnosyloxy-benzil-isothiocyanate adalah protein kationik yang larut dalam air yang memiliki potensial zeta + 6 mv.

Adsorben bentuk arang dapat teraktivasi secara kimia dan fisika.

**1) Adsorben Teraktivasi Kimia**

Menurut Pratomo (2015), bagian tanaman dibakar menjadi karbon atau arang. Aktivasi kimia melibatkan penambahan bahan kimia yang dikenal sebagai aktivator, seperti NaOH (Ramadhani, 2020),  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ , HCl,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (Abja dkk., 2020). Untuk membuat arang aktif, sejumlah adsorben yang telah dirangkan diaktivasi dengan perendaman selama satu jam menggunakan larutan aktivator seperti KOH 0,1 M. Setelah serbuk direndam, disaring dan dicuci dengan akuades sampai pH larutan netral. Selanjutnya, arang aktif dikeringkan selama 18 jam dalam oven pada suhu 120°C.

**2) Adsorben Teraktivasi Fisika**

Aktivasi fisika adalah proses pemanasan pada suhu tertentu yang

bertujuan untuk memperluas pori arang aktif dengan bantuan panas pada suhu tinggi 12, uap, dan gas CO<sub>2</sub> (Wulandari, dkk 2015).

### **Pembuatan Arang Aktif Biji Kelor**

Alat yang digunakan adalah oven, blender, ayakan 60 mesh, 100 mesh, beker glass, Erlenmeyer, corong, pengaduk, neraca analitik, drum. Bahan yang digunakan biji kelor, Larutan aktivator seperti Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaOH, CaCl<sub>2</sub>, dll.

Penelitian Abja dkk., (2020), (a) serbuk biji kelor yang sudah bersih dikeringkan di oven atau sinar matahari, kemudian dihaluskan, dibakar sampai menjadi arang, dan diayak sampai lolos 100 mesh. (b) Arang aktif biji kelor disintesis dengan cara direndam menggunakan variasi konsentrasi larutan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 9, 12; dan 15% b/v, lalu disaring dan dikeringkan selama waktu perendaman 10, 20, dan 30 menit. Arang aktif biji kelor yang teraktivasi mengurangi kadar nitrit awal 10 ppm, dan dicapai dengan menggunakan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 15% b/v selama kontak perendaman 30 menit, kadar nitrit turun 75,18%.

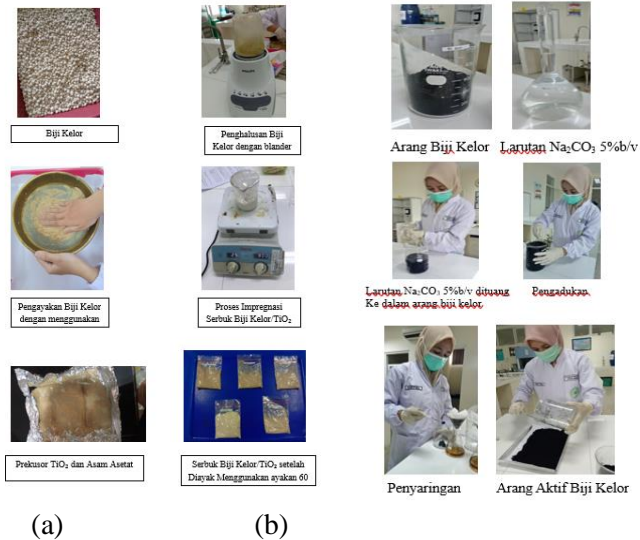
Uji statistik dengan uji normalitas atau uji Shapiro-Wilk menghasilkan hasil signifikan 0,131,  $\alpha > 0,05$  menunjukkan bahwa data berdistribusi normal. Akibatnya, uji Anova dilakukan, yang menunjukkan bahwa ada perbedaan antara variasi konsentrasi arang aktif serbuk biji kelor antara 9 hingga 15% b/v. Uji Post-hoc Tukey menghasilkan signifikansi 0,960, yang menunjukkan bahwa  $\alpha > 0,05$ , yang berarti Ho ditolak. Variasi konsentrasi arang aktif serbuk biji kelor mempengaruhi penurunan kadar nitrit dalam air.

### **Pembuatan serbuk biji kelor/TiO<sub>2</sub>**

Pembuatan Arang Aktif Biji Kelor dengan cara biji kelor yang sudah halus dibakar sampai menjadi arang, kemudian diayak sampai lolos 100 mesh. Arang biji kelor diaktifkan dengan direndam dalam larutan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> selama 15 menit kemudian disaring dan dioven sampai kering dengan suhu 150°C (Atikasari dkk., 2022).

Prekursor Serbuk Biji Kelor/TiO<sub>2</sub> & Arang Aktif Biji Kelor/TiO<sub>2</sub> dengan variasi perbandingan 20:1; 20:3; 20:5; 20:7; 20:9 atau penambahan TiO<sub>2</sub> 1;3;5;7;9 gram pada setiap 20 g serbuk/arang aktif biji kelor. Serbuk biji kelor/ arang aktif biji kelor ditimbang 20 gram kemudian dilarutkan

dengan 30mL asam asetat 10% dan ditambahkan  $\text{TiO}_2$  sebanyak 1 gram (20:1) diaduk dengan pengaduk magnetik dengan kecepatan 900 rpm pada suhu kamar selama 5 jam. Kemudian dioven dengan suhu  $120^\circ\text{C}$  selama 15 menit hingga kering lalu dihaluskan dengan mortar dan diayak menggunakan ayakan 60 mesh. Prosedur ini diulang untuk massa  $\text{TiO}_2$  3;5;7;9 gram (Atikasari dkk., 2022).



Gambar 2.2 Proses pembuatan serbuk Biji Kelor/ $\text{TiO}_2$  (a) dan Proses pembuatan arang aktif Biji Kelor (b)



Gambar 2.3 Proses pembuatan arang aktif Biji Kelor/TiO<sub>2</sub>

Dengan penyinaran UV selama 30 menit, serbuk biji kelor/TiO<sub>2</sub> dan arang aktif biji kelor/TiO<sub>2</sub> berhasil menurunkan kadar ion Mn(II). Penambahan massa TiO<sub>2</sub> sebanyak 1 gram menurunkan kadar ion Mn(II) dengan persentase 30,59% dan 57,02%, dengan kadar awal Mn(II) 49,71±1,34ppm. Dengan perbedaan dalam massa TiO<sub>2</sub>, penggunaan SBK/TiO<sub>2</sub> dan AABK/TiO<sub>2</sub> berdampak pada penurunan kadar Mn(II) dalam air. Arang aktif biji kelor/TiO<sub>2</sub>, dengan massa TiO<sub>2</sub> 1 gram, lebih efektif daripada serbuk biji kelor/TiO<sub>2</sub>.

Arang biji kelor/TiO<sub>2</sub> dan arang aktif biji kelor/TiO<sub>2</sub> dengan variasi massa TiO<sub>2</sub> 1; 3; 5; 7; 9 gram dengan penyinaran UV 30 menit dapat menurunkan kadar ion Mn(II) paling besar berturut-turut yaitu 30,59% dan 57,02% dengan penambahan 1 g TiO<sub>2</sub>. Ada pengaruh penggunaan SBK/TiO<sub>2</sub> dan AABK/TiO<sub>2</sub> dengan variasi massa TiO<sub>2</sub> terhadap penurunan kadar Mn(II) dalam air. Serbuk dan arang aktif biji kelor/TiO<sub>2</sub> yang efektif dengan massa TiO<sub>2</sub> 1gram setiap 20 g serbuk dan arang aktif biji kelor (Atikasari dkk., 2022).

### **Arang Aktif kulit pisang**

Menurut Susandy (2015) *et. al*, kulit pisang berfungsi sebagai adsorben alami untuk menyerap timbal (Pb) dalam limbah cair. Arang aktif kulit pisang menyerap logam Pb dengan variasi massa 1 g, 1,5 g, dan 2 g, serta variasi waktu kontak 20, 40, dan 60 menit. Penyerapan terbaik terjadi pada penambahan arang aktif kulit pisang 2 g dan waktu kontak 60 menit. Ini karena jumlah logam yang teradsorbsi berkorelasi dengan jumlah partikel karbon aktif yang bersinggungan dengan logam. Keuntungan arang aktif kulit pisang adalah memiliki porositas dan luas permukaan dalam yang tinggi, dapat digunakan untuk memisahkan logam berat dari limbah cair.



## **Sintesis Membran Serbuk Biji Kelor dengan Variasi massa TiO<sub>2</sub> (Mukaromah, *et al.*, 2023)**

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah serbuk biji kelor (*Moringa oleifera*) dari Demak, MnSO<sub>4</sub> H<sub>2</sub>O 100% (Merck, Germany), Toluene 99,5% (Merck, Germany), HCl 37% (Merck, Germany), Acetic Acid 100% (Merck, Jerman), Aquades, Titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>) anatase 98,0-100,5% (Merck, Jerman), Amylum GR untuk Analytic (Merck, Jerman), NaOH 99,0% (Merck, Jerman), HNO<sub>3</sub> 65% (Merck, Jerman), AgNO<sub>3</sub> (Teknis), dan K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> 99% (Merck, Jerman).

Instrumentasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah spektrofotometer tampak (Thermo Scientific, Genesys 20), SEM-EDX (Jeol JSM 6510 La), XRD (Shimadzu 7000), pengaduk magnet (Faithful M.S SH-3), oven (Memmert), reaktor dengan sinar UV30 watt.

### **Tahapan dalam sintesis Membran Biji Kelor/TiO<sub>2</sub> (BK/TiO<sub>2</sub>)**

#### *Pretreatment Kasa*

Kasa baja tahan karat 304-300 berukuran 3 x 3 cm<sup>2</sup> direndam selama 12 jam dalam larutan toluena 95%, kemudian dalam larutan HCl 15% selama 6 jam. Setelah itu, dibilas dengan air suling dan disimpan di tempat yang kering (Kong *et al.*, 2006).

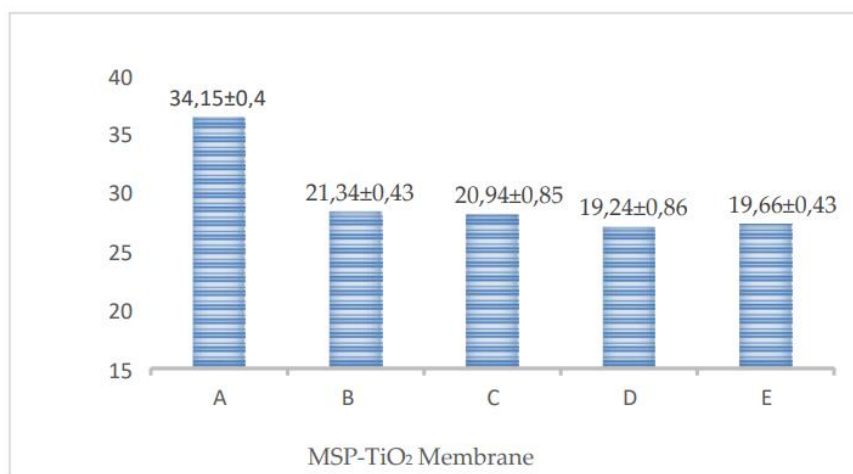
Pembuatan membran BK/TiO<sub>2</sub> A, B, C, D, E dengan 20 g BK dan TiO<sub>2</sub> variasi massa 1; 3; 5; 7; 9 gram.

Biji kelor (BK) yang sudah tua dan biji cokelat dikupas untuk diambil kotiledonnya, kemudian dihaluskan dengan blender, dan dikeringkan selama 24 jam. MSP dimasukkan ke dalam oven selama satu jam pada suhu 90 derajat Celcius dan disaring melalui saringan 100 mesh (Rustiah & Andriani, 2018). Prekursor BK/TiO<sub>2</sub> dengan massa TiO<sub>2</sub> 1 gram terdiri dari massa BK 20 gram dan massa TiO<sub>2</sub> 1 gram. Untuk 5 jam, pengaduk magnet digunakan pada 900 rpm. Setelah itu, satu gram powder TiO<sub>2</sub> dan satu mililiter 2% amonium sulfat ditambahkan dan dicampur selama dua puluh empat jam. BK-TiO<sub>2</sub> prekursors dilapiskan dengan gauze dan dimasukkan ke dalam botol polypropylene, dan kemudian didinginkan selama lima jam dalam oven yang dipanaskan pada 105°C. Proses diulang sebanyak tiga kali dan diulangi dengan membran bermassa TiO<sub>2</sub> 3; 5; 7;

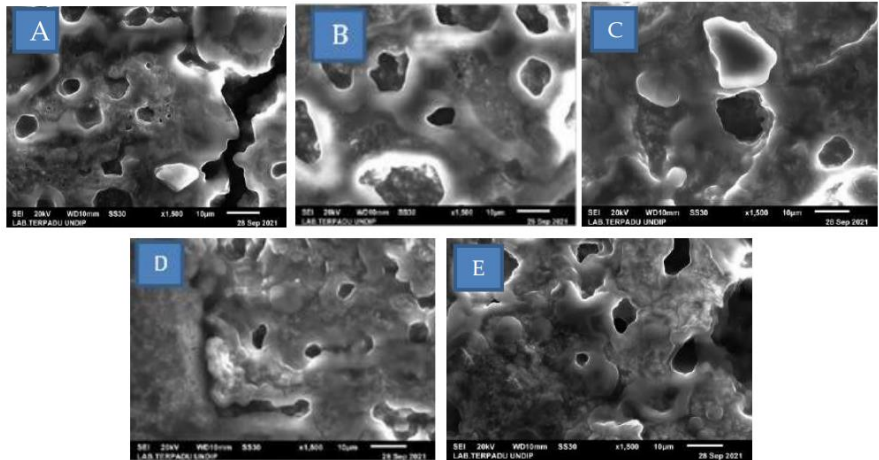
dan 9 gram (Mukaromah et al., 2020). Ketebalan membran diukur menggunakan jangka sorong.

Tabel 2.1. Absorbansi dan konsentrasi Mn(II) setelah melewati membran BK-TiO<sub>2</sub> (Mukaromah, 2023)

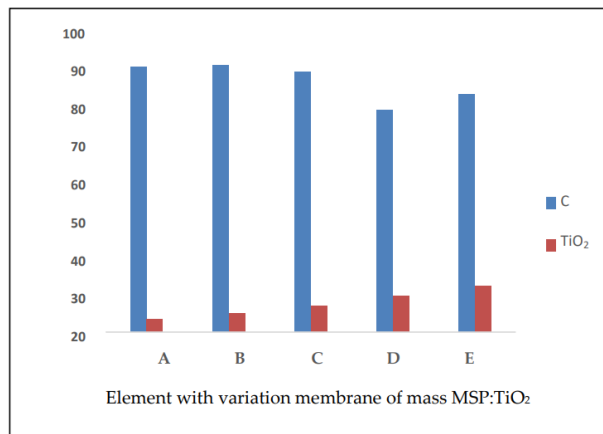
MSP-TiO <sub>2</sub> Membrane	Repeat	Absorbance	Mn (II) Ion Concentration (ppm)	Mean of Mn (II) Ion Concentration (ppm)
Initial	1	0.110	55.29	55.06±0.031
	2	0.108	54.35	
	3	0.109	55.06	
A	1	0.071	36.94	36.47±0.00
	2	0.069	36.00	
	3	0.070	36.47	
B	1	0.090	45.88	44.16±1.15
	2	0.085	43.53	
	3	0.084	43.06	
C	1	0.090	45.88	44.31±1.04
	2	0.086	44.00	
	3	0.084	43.06	
D	1	0.090	45.88	44.94±0.94
	2	0.086	44.00	
	3	0.088	44.94	
E	1	0.086	44.00	42.27±2.61
	2	0.084	44.47	
	3	0.074	38.35	



Gambar 2.4 Persentase Penurunan Kadar Mn(II) setelah melewati membran BK/TiO<sub>2</sub> A 20:1; B 20:3; C 20:5; D 20:7; E 20:9. (Mukaromah et al., 2023)



Gambar 2.5 Morfologi SEM with 1500x serbuk Biji Kelor/ $\text{TiO}_2$  Membran dengan Jumlah massa  $\text{TiO}_2$  A 1g; B 3g; C 5g; D 7g; E 9g. (Mukaromah *et.al.*, 2023)



Gambar 2.6 Grafik Persentase Massa Unsur Carbon dan  $\text{TiO}_2$  pada Membran BK/ $\text{TiO}_2$  dengan Massa  $\text{TiO}_2$  A, B, C, D, dan E 1; 3; 5; 7; and 9 g. (Mukaromah *et.al.*, 2023)

Membran BK/ $\text{TiO}_2$  dengan variasi massa  $\text{TiO}_2$  menunjukkan komponen BK tertinggi 95,59% karbon, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6.

Dengan massa BK tetap 20 gram dan massa TiO<sub>2</sub> meningkat menjadi 1, 3, 5, 7, dan 9 gram, persentase massa TiO<sub>2</sub> meningkat dari 4,44% menjadi 15,50%. Di sisi lain, jumlah karbon di BK turun dari 95,59% menjadi 80,25%. Menurut penelitian (Bertus dkk., 2014), BK memiliki grup fungsional (situs aktif) yang dapat mengikat dan menyerap ion logam. Penelitian ini menunjukkan bahwa biosorben serbuk BK melakukan lima fungsi utama gugus: karbonil (C=O), hidroksil (OH), amida (NH), Alkena (C=C), dan Nitro (NO<sub>2</sub>). Gugus bermuatan negatif BK memiliki kemampuan untuk berikatan dengan ion Mn(II) yang bermuatan positif.

Menurut penelitian yang didukung oleh (Fauzi dkk., 2017) massa perbandingan zeolit-TiO<sub>2</sub> sebesar 100:1; 100:3; dan 100:5 memiliki kemampuan untuk menghilangkan zat warna rhodamin B yang paling kuat. Luas permukaan 73,913 m<sup>2</sup>/g dengan perbandingan massa zeolit-TiO<sub>2</sub> 100:5 (100:5 jika disederhanakan menjadi 20 g zeolit dan 1 g TiO<sub>2</sub>). Peningkatan pori-pori katalis setelah penambahan TiO<sub>2</sub> menyebabkan peningkatan tertinggi. Penggunaan lebih banyak TiO<sub>2</sub> menyebabkan pembentukan lubang yang lebih besar yang bereaksi dengan air untuk membentuk radikal •OH (Mukaromah dkk., 2016 a).

Hasil penelitian Febrianingrum, dan Mukaromah (2021), persentase penurunan kadar Cr(VI) tertinggi yaitu 35,52± 2,58% dengan membran dengan perbandingan serbuk BK/TiO<sub>2</sub> 20:5. Variasi perbandingan serbuk biji kelor terhadap serbuk TiO<sub>2</sub> yang paling efektif 20:5. Ada pengaruh variasi perbandingan berat serbuk BK/TiO<sub>2</sub> dalam penurunan ion logam Cr(VI) dalam air.

### BAB 3.

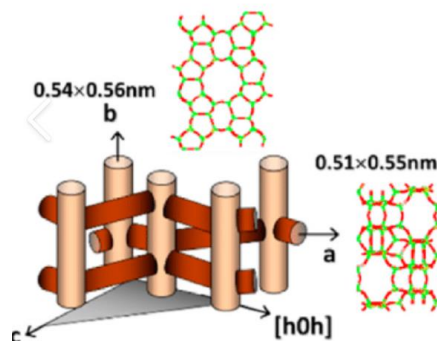
## ADSORBEN SINTETIS

ZSM-5 adalah salah satu jenis zeolit, yang merupakan suatu bentuk aluminosilikat yang memiliki struktur kristal berpori dengan berbagai macam aplikasi industri, termasuk sebagai katalisator. Zeolit ini memiliki struktur kerangka tiga dimensi yang dapat menyaring molekul-molekul berukuran tertentu.

#### *Zeolite Socony Mobile -5 (ZSM-5)*

*Zeolite Socony Mobile* adalah material yang dapat digunakan sebagai adsorben dalam proses pengolahan limbah (Margareta *et al.*, 2019). ZSM-5 adalah zeolit yang disintesis dengan kandungan silika tinggi (rasio Si/Al > 7), memiliki pori-pori berukuran sedang dengan cincin 10, dan terdiri dari  $(\text{SiO}_4)^4$  dan  $(\text{AlO}_4)^5$ , kristal padatan berpori dengan struktur tiga dimensi yang mengandung aluminosilikat. Kristal ini memiliki dua jenis saluran: saluran lurus dengan ukuran  $5,3 \times 5,6 \text{ \AA}$  dan saluran zig-zag dengan ukuran  $5,1 \times 5,6 \text{ \AA}$  (Qong dkk., 2003 dalam Mukaromah, 2017).

Modifikasi ZSM-5 dengan penambahan logam oksida ( $\text{TiO}_2$ ) akan memberikan sifat campuran katalis yaitu fotokatalisis oleh  $\text{TiO}_2$ , didukung oleh sifat ZSM-5, yaitu permukaan eksternal yang besar, volume pori besar dan volume mesopori seperti pada Gambar 3.1 (Margareta *et al.*, 2019).



Gambar 3.1 Permukaan eksternal, volume pori dan volume mesopore ZSM-5 (Margareta *et al.*, 2019)

## 1) Perkembangan ZSM-5

Zeolit ZSM-5 pertama kali disintesis oleh Mobil Oil Co. oleh Argauer dan Landolt pada tahun 1967. Zeolit ini dibuat dari campuran gel yang terdiri dari  $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}-\text{TPABr}$  dengan komposisi mol tertentu dapat dipanaskan secara hidrotermal. Dalam metode hidrotermal membutuhkan temperatur tinggi ( $170\text{ }^\circ\text{C}-270\text{ }^\circ\text{C}$ ), tekanan sekitar 200-300 bar dalam pelarut air pada sistem tertutup (keadaan bom), dan durasi 2-5 hari. Salah satu kelemahan sintesis hidrotermal adalah kebutuhan energi yang tinggi. Akibatnya, produksinya sangat mahal dan sulit dilakukan dalam skala besar (Mukaromah, 2017).

Bonaccorsi dan Poverbio (2003) mensintesis zeolit A dengan panas *microwave* yang sangat tinggi dalam dua volume reaktor, 100 mL dan 500 mL menghasilkan panas yang efektif dan meningkatkan kristalinitas zeolit (Liu dkk., 2016). Fyfe dkk. (2011) mensintesis zeolit dengan kadar silika tinggi pada suhu di bawah  $100\text{ }^\circ\text{C}$  untuk menjadikannya lebih efisien dan lebih murah. Data ini menunjukkan bahwa reaktor dengan volume 100 mL memiliki transfer panas yang lebih baik.

Pratama (2012) juga mensintesis zeolit ZSM-5 pada suhu rendah, yaitu  $90\text{ }^\circ\text{C}$ , dengan rasio mol  $\text{Si}/\text{Al}$ ,  $\text{H}_2\text{O}/\text{Si}$ ,  $\text{NaOH}/\text{Si}$ , dan  $\text{TPABr}/\text{Si}$  tertentu. Penggunaan temperatur yang rendah dan reaktor polipropilen menyebabkan penurunan kristalinitas zeolit, sehingga diperlukan strategi alternatif yang dapat diaplikasikan untuk transfer panas yang efektif. Oleh karena itu diperlukan kajian awal tentang perbedaan geometri reaktor dan perbedaan rasio luas permukaan terhadap volume reaktor polipropilen terhadap kristalinitas zeolit ZSM-5 (Mukaromah *et al.*, 2016b).

Struktur ZSM-5 memiliki bentuk daun dan morfologi heksagonal prismatic. Kation tertrapropilammonium ( $\text{TPA}^+$ ) dan trimer TPA kation sebagai senyawa organik pengarah dengan struktur yang

berbeda digunakan dalam sintesis, sehingga menyebabkan perbedaan bentuk morfologi (Diaz dkk., 2004 dalam Mukaromah, 2017).

### **Sintesis ZSM-5**

Sintesis ZSM-5 dapat dilakukan dengan dua metode yaitu hidrotermal (Suhu > 100°C) dan metode pemanasan pada suhu rendah (90°C).

#### **A. Sintesis ZSM-5 Metode Hidrotermal**

Tahun 1953, Barrier, *et al.*, memopulerkan metode hidrotermal untuk sintesis ZSM-5. Reaksi hidrotermal terjadi pada sistem tertutup dan kondisi panas tinggi (lebih dari 100 °C) dan tekanan tinggi (lebih dari 1 bar). Autoklaf, atau kondisi bom, memastikan bahwa laju penguapan sama dengan laju kondensasi. Air berfungsi sebagai mineralizer atau katalis saat sintesis zeolit secara hidrotermal, dan campuran larutan akan mengalami reaksi kondensasi. Reaksi kondensasi memungkinkan pemutusan dan pembentukan ikatan baru Si, Al-O-Si, dan Al yang dikatalisis oleh ion hidroksil, menghasilkan ikatan yang menyusun material kristalin (Byrappa, 1992; Hamdan, 2002; Cundy dan Cox, 2003).

Keuntungan sintesis hidrotermal adalah kristal tunggal yang lebih besar, lebih murni, dan struktur yang lebih terbuka. Kekurangan proses hidrotermal adalah memerlukan banyak energi, yang berarti biaya produksi yang tinggi, dan ukuran autoklaf yang terbatas membuatnya sulit dilakukan dalam skala besar.

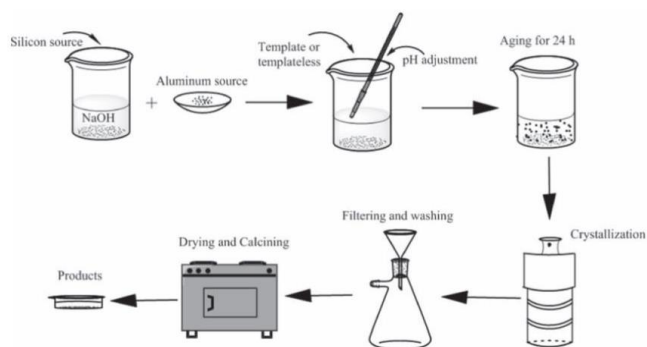
#### **Prosedur Metode Hidrotermal:**

Menurut G. Huang *et al.*, (2019), kombinasi suhu dan tekanan tinggi menghasilkan bahan yang sangat kristalin dalam satu langkah. Metode ini lebih mudah dan murah daripada metode lain karena suhu yang diperlukan untuk sintesis hidrotermal zeolit jauh lebih rendah. Nukleasi dan kristalisasi kristal dapat terjadi pada gel yang ada dalam campuran, meskipun tidak harus terjadi dalam larutan (Mgbemere *et al.*, 2017).

Proses hidrotermal langsung terdiri dari tiga tahap, dua tahap hidrotermal, dan dibantu oleh fusi alkali. Dalam proses hidrotermal

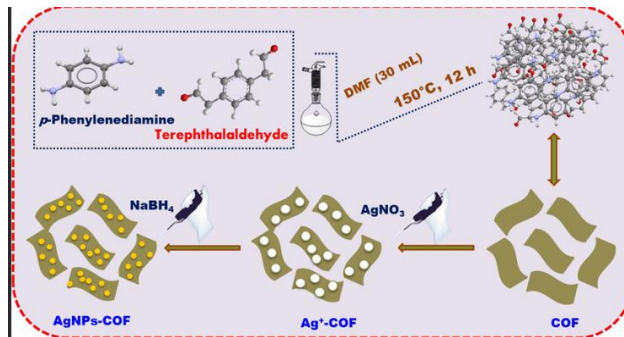
langsung, bahan utama, atau *fly ash* batubara, dilarutkan dalam larutan basa, dan kemudian melalui perlakuan termal, produk zeolit disintesis. Metode hidrotermal langsung meskipun tidak rumit dan tidak mahal untuk diproduksi, metode ini memiliki beberapa kelemahan. Ini termasuk waktu yang lama, suhu yang tinggi, konsumsi energi yang tinggi, kemurnian produk yang rendah, dan hasil yang rendah. Ion Si dan Al yang ditemukan dalam cairan limbah dari proses sintesis hidrotermal langsung dapat digunakan dalam proses sintesis dua langkah.

Zeolit dengan kemurnian tinggi dapat diperoleh lebih lanjut dengan menambah sumber Si atau Al, namun teknik ini memerlukan operasi yang kompleks, siklus reaksi yang panjang, hasil zeolit murni yang rendah, dan biaya yang tinggi. Rendemen dan kualitas sintesis zeolit dapat ditingkatkan dengan metode yang dibantu fusi alkalin. Metode ini terdiri dari dua bagian utama. Pertama, campuran *ash fly* dan alkali dicairkan pada suhu tinggi. Setelah itu, produk lelehan alkali diproses melalui perlakuan hidrotermal. Zeolit yang disintesis melalui metode hidrotermal dengan bantuan fusi basa alkali (fusi basa) memiliki konversi dan kualitas yang tinggi (Ren *et al.*, 2020).



Gambar 3.2 Sintesis ZSM-5 dengan Metode Hidrotermal





Gambar 3.3 Sintesis ZSM-5 dengan bahan komersial

Sintesis ZSM-5 dengan bahan komersial dilakukan dalam dua tahap utama:

- 1) Persiapan bahan menjadi koloid dan proses kristalisasi. Proses ini membutuhkan tiga bahan utama yaitu templete pengarah struktur, alumina, dan silika.

Persiapan benih koloid dilakukan dengan mencampur 710,3 gram air, 13,8 gram natrium hidroksida, dan 117,0 gram larutan TPAOH. Kemudian, diaduk campuran sampai padatan larut sempurna. Selanjutnya, ditambahkan 158,9 gram asam silikat ke dalam larutan pertama dalam sambil diaduk. Proses ini dilakukan dengan mencampur 867,8 gram air; 8,8 gram natrium hidroksida, dan 117,0 gram larutan TPAOH. Selama 16 jam, campuran dipanaskan kembali pada 100°C selama 16 jam (i).

Langkah selanjutnya adalah 867,8 gram air; 8,8 gram natrium hidroksida; dan 10,3 gram natrium aluminat dicampur dan diaduk sampai padatan larut sempurna (ii). Selanjutnya ditambahkan 113,1 gram asam silikat ke dalam larutan tersebut dan dikocok campuran dengan kuat selama satu jam pada suhu lingkungan (iii) dan ditambahkan 50 gram gel penyemaian yang dibuat dalam campuran (ii) ke dalam larutan (iii), dan dikocok selama satu jam. Campuran terakhir dimasukkan ke dalam autoklaf baja tahan karat 50 mL yang dilapisi Teflon dan dipanaskan selama 40 jam tanpa pengadukan pada suhu 180 °C.

Setelah itu disaring dengan air suling, kemudian dikeringkan pada 105°C, dengan kristal seragam berukuran kecil ~6 mm. Karakterisasi pola bubuk XRD dari produk padat menunjukkan struktur MFI kristal penuh (Xu *et al.*, 2007).

Setelah seluruh bahan dicampur di bawah suhu kristalisasi untuk membentuk prekursor primer kritis ZSM-5, proses pendiaman yang disebut waktu penuaan atau pemeraman disebut sebagai waktu penuaan. Depolimerisasi sol silika adalah langkah yang terjadi selama periode penuaan, didorong oleh kondisi basa untuk sintesis zeolite (Byrappa dan Yoshimura, 2013).

Selama proses penuaan, proton-nukleus yang stabil dihasilkan, membantu nukleasi homogen proton-nukleus dan menghasilkan lebih banyak partikel, yang mendorong pembentukan nanokristal zeolit dengan ukuran partikel yang lebih kecil dan seragam dalam proses reaksi hidrotermal berikutnya.

Pembentukan zeolit, yang terjadi pada suhu yang cukup tinggi, dipengaruhi baik oleh waktu dan suhu. Kristalinitas sampel biasanya meningkat seiring waktu; analcime diperoleh pada 430 °C, mordenit pada 430 °C, klinoptilolit pada 370 °C, dan feririt pada 375 °C (Byrappa dan Yoshimura, 2013).

## **B. Sintesis ZSM-5 pada Suhu Rendah (90°)**

Zeolit ZSM-5 pada suhu rendah disintesis dengan cara  $\text{NaAlO}_2$  ditimbang 0,136 g dan NaOH 50% 1,390 g dicampur dalam botol propilen 1. TPA-Br 1,549 g dilarutkan dengan akuades 7,3802 g dalam botol propilen 2 dan diaduk dengan pengaduk magnetik selama 5 menit, kemudian dimasukkan ke dalam botol propilen 1 dan ditambahkan ludox HS-40% 24,940 g sehingga terbentuk semi gel dan dikocok selama 6 jam, terbentuk gel yang homogen.

Selanjutnya, botol propilen 1 dimasukkan ke dalam oven bertemperatur 90°C selama 4 hari sampai terbentuk padatan putih. Endapan putih dicuci dengan air dan disaring menggunakan kertas whatman 42 dan dimasukkan kedalam oven bertemperatur 60°C selama 24 jam untuk mendapatkan padatan yang mengering dengan maksimal dan selanjutnya padatan dipanaskan pada suhu 550°C di dalam furnace selama 6 jam. Selanjutnya padatan digerus dan diayak dengan ayakan ukuran 100 mesh (Mukaromah dkk, 2017).

Prosedur sintesis ZSM-5 pada suhu rendah (90 °C) disajikan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Sintesis ZSM-5 pada Suhu 90°C

### C. Sintesis ZSM-5/TiO<sub>2</sub>

Sintesis ZSM-5/TiO<sub>2</sub> dibuat dengan mencampurkan serbuk ZSM-5 yang disintesis pada suhu rendah sebanyak 20 g dengan TiO<sub>2</sub> sebanyak 1 g ditambahkan etanol absolut sebanyak 20 mL (Campuran diaduk dengan pengaduk magnetik selama 5 jam). Setelah itu campuran dikeringkan dalam oven pada temperatur 120°C selama 5 jam. Setelah kering ZSM-5/TiO<sub>2</sub> digerus sampai halus dan dikalsinasi pada temperatur 400°C selama 5 jam (Ismania, Mukaromah, & Ethica, 2018).

### D. Membran ZSM-5

Sintesis Membran ZSM-5 sesuai dengan hasil penelitian Mukaromah (2018). Alat yang digunakan adalah Neraca analitik, oven, muffle furnace, stirrer, botol Polipropilen, cawan porselen, ayakan. Bahan penelitian adalah kasa *stainless steel* jenis AISI 316-180 dan kasa 304-200, 304-400, toluen, HCl, TPABr, Ludox HS 40% b/b, Aluminium oksida (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), NaOH 50% b/v.

Tahapan membuat Membran ZSM-5 ini adalah:

- a. *Pretreatment* Kasa Sebelum Digunakan Sebagai Penyangga  
Kasa *stainless steel* jenis 304 ukuran 200 mesh, 400 mesh dan jenis kasa *stainless steel* AISI 316 ukuran 180 mesh masing-masing berjumlah 4 buah dengan ukuran 3 cm x 3cm direndam dalam larutan toluen 12 jam, kemudian dalam HCl 15% 20 menit dan dalam TPABr 0,1 M selama 12 jam (Kong *et al.*, 2006).
- b. Sintesis Membran Zeolit ZSM-5 Pada Suhu Rendah Secara *Coating*  
Prekursor Zeolit ZSM-5  
Prekursor zeolit ZSM-5 (Lihat pembuatan ZSM-5 pada suhu rendah) yang belum dikeringkan dilapiskan pada kasa yang sudah diberikan *treatment*, kemudian dimasukkan dalam wadah polipropilen dengan rasio luas permukaan terhadap volume wadah 1,44 (Mukaromah *et al.*, 2016 b) dan dipanaskan pada suhu 90°C selama 4 hari. Selanjutnya membran ZSM-5 yang dihasilkan dicuci dengan akuades, dikeringkan (suhu 60°C)

semalam lalu dipanaskan pada suhu 550 °C dalam *muffle furnace* selama 6 jam.

#### **E. Sintesis Membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub>**

Setelah prekursor ZSM-5/TiO<sub>2</sub> dilapiskan secara *coating* masing-masing pada penyangga kasa AISI 316-180, 304-200, dan 304-400 pada kemudian dipanaskan dalam oven pada suhu 120°C selama 5 jam. Membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> dicuci dengan air suling dan dipanaskan pada suhu 60 °C selama 3 jam.

(link video “Pembuatan Membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub>” sebagai berikut:  
<https://drive.google.com/file/d/1OfTuNx6GieOhJBjDhOMUhdLb4wMen5tw/view?usp=sharing>)

## **BAB 4.**

### **KARAKTERISASI ADSORBEN ALAMI**

Berdasarkan SNI 06–3730-1995 tentang arang aktif yang berkualitas baik memiliki kadar air sebesar 15%, kadar abu maksimal 10% dan daya serap terhadap iod minimal sebesar 750 mg/g.

#### **A. Kadar Air**

Gravimetri dapat digunakan untuk mengukur jumlah air dalam arang aktif, tetapi tidak dapat mengukur kadar air pada bahan yang tahan panas. Bahan volatil (mudah menguap) atau rusak tidak dapat diukur dengan gravimetri pada suhu 100°C. Sampel dikeringkan dalam oven pada suhu 100–105 derajat Celcius selama proses ini sampai bobotnya tidak berubah. Selanjutnya, perbedaan antara bobot awal dan akhir sampel digunakan untuk menghitung kadar air. Oven berfungsi untuk mengukur tingkat air (Aditya, 2021).

Prosedurnya untuk menetapkan kadar air, dua gram arang aktif ditimbang dengan teliti dan dimasukkan ke dalam krus yang sudah diketahui bobot konstan, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama satu jam. Setelah itu, dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang sampai bobotnya tetap. Menurut Kusumaningrum (2013) kadar air dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Kadar air \%} = \frac{A - B}{C} \times 100 \%$$

Keterangan:

A : Berat krus+Arang sebelum dikeringkan (g)

B : Berat krus+Arang setelah dikeringkan pada oven 105°C (g)

C : Berat sampel arang

#### **B. Kadar Abu**

Kadar abu adalah banyaknya kandungan oksida logam yang terdiri dari mineral-mineral yang tidak dapat menguap selama proses pengabuan. Pembentukan garam-garam mineral selama proses pengarangan dapat menyebabkan kadar abu meningkat (Sulaiman,

2017).

Metode gravimetri dapat digunakan untuk menentukan kadar abu dalam bahan dengan menimbang sisa mineral setelah bahan organik dibakar pada suhu sekitar 700 °C. Tanur atau *furnace* digunakan untuk menguji kadar abu (Aditya, 2021). Standar Nasional Indonesia (SNI) 06–3730-1995 kadar abu ditentukan dengan pengeringan. Dua gram arang aktif, yang telah ditetapkan kadar airnya, dimasukkan ke dalam oven selama 4 jam pada suhu 700°C. Setelah itu, dimasukkan ke desikator dan ditimbang sampai bobotnya konstan.

Menurut Wimulda (2021) kadar abu dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Kadar abu \%} = \frac{B - D}{E} \times 100 \%$$

Keterangan:

B : Berat krus+Arang setelah dikeringkan pada oven 105°C (g)

D : Berat krus+Arang setelah dikeringkan pada *furnace* 700°C (g)

E: Berat krus sebelum di oven (krus kosong)

### C. Daya Serap Iodium

Daya adsorpsi karbon aktif terhadap iod berkorelasi dengan luas permukaan karbon aktif. Semakin banyak iod, semakin besar kapasitas karbon aktif untuk mengadsorpsi adsorbat atau zat terlarut untuk jumlah iodin yang ada. Dengan demikian, daya serap terhadap iod terkait dengan konsentrasi aktivator yang lebih tinggi, yang berarti bahwa kualitas arang aktif akan lebih baik dalam penyerapan (Sulaiman, 2017).

Hasil uji kualitas arang tempurung kelapa tearaktivasi variasi konsentrasi  $\text{CaCl}_2$  dan Variasi suhu disajikan pada Tabel 3.1 dan Kadar Ion Cr(VI) awal dan setelah direndam dengan arang aktif tempurung kelapa disajikan pada Tabel 4.1 (Yusrin, dan Mukaromah, 2023).

$$\text{Daya Serap Iodium } \left(\frac{\text{mg}}{\text{g}}\right) = \frac{\{(A \times N(\text{Iodin}) - (B \times N(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3))\} \times 126,93 \times \text{fp}}{a}$$

Keterangan :

- A = Volume larutan iodin (mL)  
 B = Volume  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  yang terpakai (mL)  
 fp = faktor pengenceran  
 a = bobot sampel karbon aktif (g)  
 N ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) = konsentrasi  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (N)  
 N (Iodin) = konsentrasi iodin (N)  
 126,93 = Jumlah iodin sesuai 1 mL larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

Tabel 4.1. Hasil Uji Kualitas Arang Aktif Tempurung Kelapa

Variasi Konsentrasi Larutan $\text{CaCl}_2$ (% w/v)	Variasi Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Daya Serap Terhadap Iodin (mg/g)
0	-	9,82 ± 0,14	6,80 ± 0,01	1618,89 ± 7,7
5	500	5,60 ± 0,07	4,35 ± 0,15	1693,73 ± 6,96
	600	4,55 ± 0,04	5,30 ± 0,05	1723,09 ± 10,85
	700	3,65 ± 0,2	6,15 ± 0,05	1717,63 ± 0,3
10	500	5,36 ± 0,02	4,42 ± 0,01	1713,59 ± 3,73
	600	4,45 ± 0,01	5,28 ± 0,07	1728,19 ± 4,08
	700	3,62 ± 0,01	6,16 ± 0,05	1724,28 ± 6,95
15	500	5,37 ± 0,10	4,47 ± 0,03	1735,53 ± 3,56
	600	4,44 ± 0,04	5,47 ± 0,01	1774,42 ± 5,87
	700	3,15 ± 0,12	6,45 ± 0,04	1756,15 ± 7,29
20	500	5,4 ± 0,01	4,54 ± 0,12	1754 ± 11,37
	600	4,28 ± 0,02	5,56 ± 0,06	1795,38 ± 3,54
	700	3,28 ± 0,03	6,73 ± 0,02	1784,20 ± 3,56



Tabel 4.1 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi aktivator dan suhu pada aktivasi arang tempurung kelapa, maka kadar air dan kadar abu semakin berkurang, sedangkan daya serap terhadap Iodin semakin meningkat.

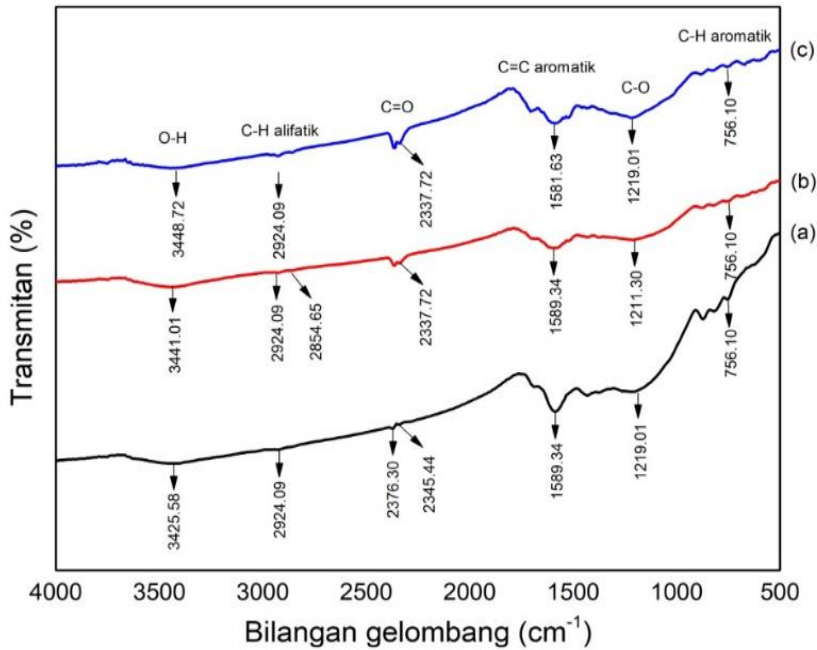
Tabel 4. 2 Kadar Cr(VI) awal dan setelah direndam dengan arang Tempurung Kelapa Teraktivasi CaCl<sub>2</sub>

Variasi Konsentrasi CaCl <sub>2</sub> (%b/v)	Variasi Suhu (°C)	Rata-rata konsentrasi Cr <sup>6+</sup> (ppm) dengan variasi lama perendaman (menit)		
		30	60	120
Awal	Ruang (37)	65,16 ± 0,29		
5	500	50,48±0,26	48,72±0,07	48,62±0,01
	600	48,91±0,06	47,51±0,03	46,79±0,03
	700	49,44±0,20	48,36±0,40	47,34±0,05
10	500	47,18±0,10	46,00±0,09	44,04±0,16
	600	46,23±0,06	45,22±0,10	43,32±0,09
	700	46,59±0,09	45,45±0,06	44,68±0,06
15	500	41,72±0,06	40,25±0,03	39,76±0,03
	600	39,73±0,03	39,43±0,06	38,00±0,06
	700	40,81±0,13	39,99±0,03	38,42±0,03
20	500	37,08±0,06	35,48±0,10	35,22±0,03
	600	35,77±0,06	34,76±0,01	33,68±0,16
	700	38,85±0,06	36,07±0,10	34,40±0,06

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi aktivator dan suhu pada arang tempurung kelapa, maka kadar Cr(VI) dalam air juga semakin berkurang.

#### D. *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)*

Dengan spektrofotometer FTIR (Shimadzu, IRprestige-21) yang bekerja pada rentang *scan* 4000–340 cm<sup>-1</sup>, resolusi 4 cm<sup>-1</sup>, dan waktu *scanning* 2-3 detik, spektra inframerah dapat diukur. Sampel yang diuji dibuat dalam bentuk pellet KBr. *Software* IRsolution digunakan untuk mengukur spektrum dan menemukan puncak untuk analisis FTIR. Selanjutnya, gugus fungsi arang aktif dipelajari. Hasil spektrum arang aktif tempurung kelapa disajikan pada Gambar 3.1 (Tiwow *et al.*, 2021).

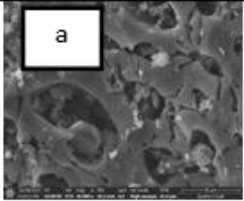
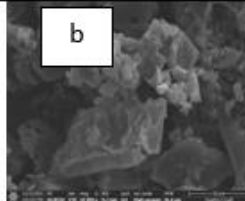
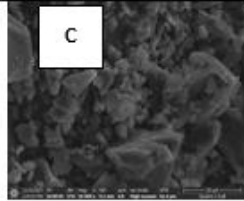
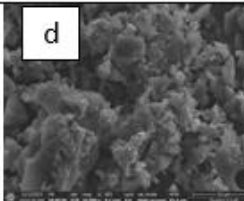
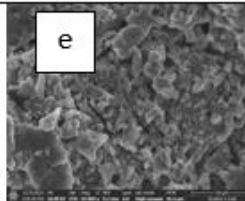
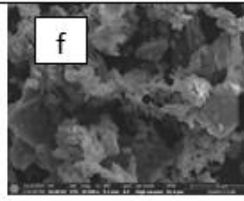
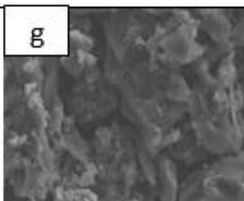
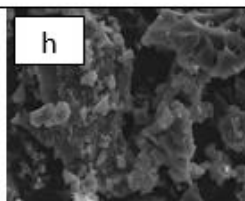
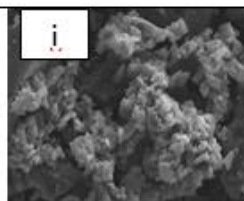
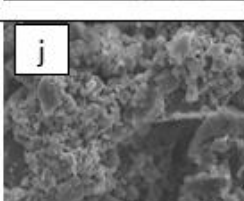
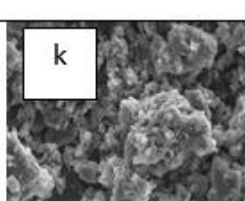
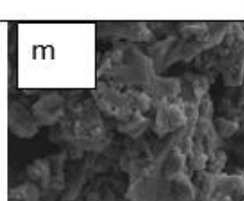


Gambar 4.1 Spektrum FTIR (a) Arang hasil pirolisis, (b) Arang hasil pemurnian dengan HNO<sub>3</sub> 1 M, (c) Arang hasil pemurnian dengan HNO<sub>3</sub> 2 M (Rampe, *et. al.*, 2021)

Gambar 4. 1 menunjukkan bahwa gugus fungsi O-H yang terus menerus muncul pada bilangan gelombang sekitar 3400 cm<sup>-1</sup>, gugus fungsi C-H alifatik muncul pada bilangan gelombang 2900-2800 cm<sup>-1</sup>, gugus fungsi C=O muncul pada bilangan gelombang sekitar 2300 cm<sup>-1</sup>, gugus fungsi C-O muncul pada bilangan gelombang sekitar 1700-1400 cm<sup>-1</sup>, dan gugus fungsi C-H aromatik muncul pada bilangan gelombang sekitar 1300-800 cm<sup>-1</sup>.

**E. Scanning Electron Microscopy (SEM)**

*Scanning Electron Microscopy* arang aktif tempurung kelapa disajikan pada Gambar 4.2.

CaCl <sub>2</sub>	Suhu Karbonasi (°C)		
%b/v	500	600	700
5			
10			
15			
20			

Gambar 4.2 Morfologi permukaan arang aktif Tempurung kelapa (SEM) di Laboratorium BRIN Cibinong (BRIN Cibining 2023)

Gambar 4.2 menunjukkan Morfologi permukaan arang aktif tempurung kelapa, maka pori-pori arang semakin terbuka, sehingga kemampuan menyerap Iodin dan Cr(VI) semakin tinggi. Konsentrasi  $\text{CaCl}_2$  dan suhu karbonasi yang efektif adalah  $\text{CaCl}_2$  20% dengan pemanasan  $700^\circ\text{C}$  selama perendaman 120 menit dapat menurunkan kadar Cr(VI) dari konsentrasi awal  $65,16 \pm 0,29$  menjadi  $34,40 \pm 0,06$  mg/L (Penurunan Kadar Cr(VI) 22,56% (Yusrin dan Mukaromah, 2023).

## **BAB 5**

### **KARAKTERISASI ADSORBEN SINTETIS: ZSM-5, ZSM-5/TiO<sub>2</sub>, MEMBRAN ZSM-5 dan MEMBRAN ZSM-5/TiO<sub>2</sub>**

ZSM-5 adalah salah satu jenis zeolit, yang merupakan suatu bentuk aluminosilikat yang memiliki struktur kristal berpori dengan berbagai macam aplikasi industri, termasuk sebagai katalisator. Zeolit ini memiliki struktur kerangka tiga dimensi yang dapat menyaring molekul-molekul berukuran tertentu.

Karakterisasi ZSM-5 melibatkan beberapa teknik analisis untuk memahami sifat fisik, kimia, dan morfologi dari material tersebut. Berikut adalah beberapa metode karakterisasi yang umum digunakan:

1. *X-Ray Diffraction (XRD)*

Analisis struktur kristal ZSM-5 menggunakan XRD. Pola difraksi sinar-X memberikan informasi tentang jarak antar atom dalam struktur kristal, sehingga dapat digunakan untuk mengidentifikasi fase kristal dan menentukan ukuran kristal.

2. *Scanning Electron Microscopy (SEM)*

*Scanning Electron Microscopy* digunakan untuk mengamati morfologi permukaan ZSM-5. Dengan teknik ini, dapat dilihat struktur permukaan dan bentuk partikel zeolit secara rinci.

3. *Transmission Electron Microscopy (TEM)*

*Transmission Electron Microscopy* adalah teknik yang lebih canggih untuk melihat struktur internal ZSM-5 pada tingkat nanometer. Dengan menggunakan TEM, dapat diamati secara detail struktur zeolit, termasuk ukuran pori dan distribusi partikel.

4. *Nitrogen Adsorption-Desorption (BET Analysis)*

Metode ini digunakan untuk mengukur luas permukaan dan volume pori dari ZSM-5. Dengan mengetahui sifat-sifat ini, kita dapat memahami kapasitas zeolit untuk menyerap dan menyimpan molekul.

5. *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)*

*Fourier Transform Infrared Spectroscopy* digunakan untuk menganalisis gugus fungsi pada permukaan ZSM-5. Spektrum ini

memberikan informasi mengenai ikatan kimia dan struktur molekuler yang terkandung dalam zeolit.

6. *Solid-State Nuclear Magnetic Resonance* (NMR)

NMR dapat memberikan informasi lebih lanjut mengenai struktur internal dan distribusi atom dalam ZSM-5.

7. *Thermal Gravimetric Analysis* (TGA)

TGA digunakan untuk menentukan stabilitas termal ZSM-5. Analisis ini melibatkan pemanasan bahan secara perlahan untuk mengamati perubahan berat bahan seiring dengan peningkatan suhu.

8. *Elemental Analysis*

Analisis unsur digunakan untuk menentukan komposisi kimia ZSM-5, termasuk kandungan unsur utama seperti silikon (Si), aluminium (Al), dan oksigen (O).

### A. Karakterisasi ZSM-5 dari Bahan Baku Zeolit yang Berasal dari Lampung secara Hidrotermal

Analisis dan karakterisasi Karakteristik Katalis ZSM-5 secara hidrotermal disajikan pada Tabel 5.1.

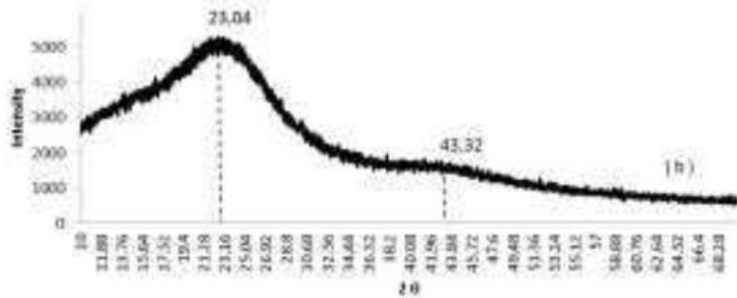
Tabel 5.1. Karakteristik Katalis ZSM-5 secara hidrotermal

Kriteria	Nilai/keterangan
Identifikasi menggunakan XRD	Pola difraksi sesuai dengan standar ZSM-5
Pengamatan mikrostruktur menggunakan SEM	Berbentuk kubus
Luas permukaan metode BET	300 m <sup>2</sup> /g
Volume pori	0,13 cm <sup>3</sup> /g
Ukuran pori rata-rata	0,55 nm

(Nurdin dkk., 2018).

## B. Difraksi Sinar-X (XRD)

Pola difraksi dari serbuk tempurung kelapa disajikan pada Gambar 4.3.

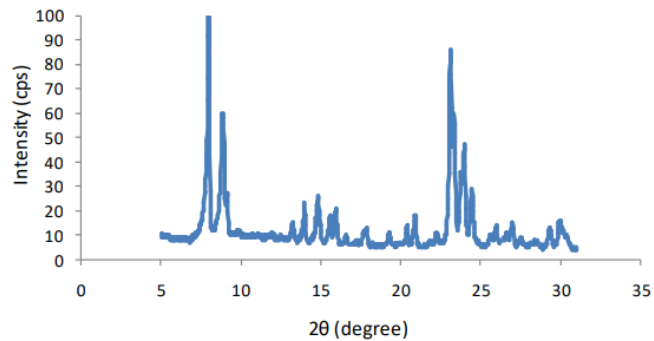


Gambar 4.3 Pola difraksi serbuk tempurung kelapa teraktivasi suhu pemanasan 400 °C  
(Logor, Rampe, dan Krisen, 2017)

Gambar 4.3 menunjukkan puncak intensitas tertinggi ( $2\theta$ ) karbon aktif pada 23,04° dengan intensitas 5153,33 Å dan 43,32° dengan intensitas 1532,333 Å, dan rata-ratanya 3338,333 Å. Hal ini menunjukkan dengan perlakuan temperature 400 °C terjadi peningkatan kristalin. Analisis struktur Kristal karbon aktif memiliki struktur Kristal mikro grafit yang bersifat amorf (Logor, Rampe, dan Krisen, 2017). Menurut penelitian Rampe et al., (20121), temperatur sintering berpengaruh positif dalam perubahan karakter arang tempurung menggunakan pelarut sebagai stimulant, namun metode pencampuran dan konsentrasi pelarut tidak berpengaruh secara nyata.

## 1. XRD

Pola difraksi sinar X dari ZSM-5 dari bahan Baku zeolit disajikan pada Gambar 5.1.

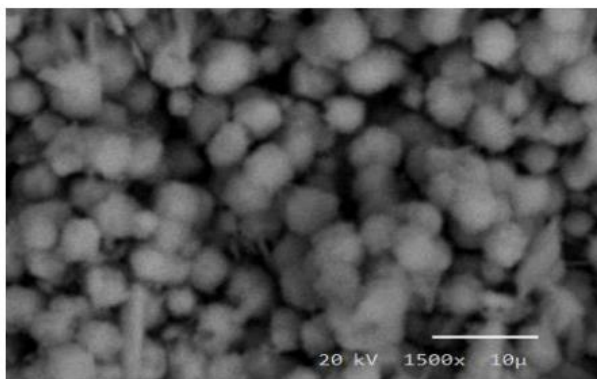


Gambar 5.1 Pola difraksi sinar X dari ZSM-5  
(Nurdin, *et al.*, 2018)

Identifikasi struktur ZSM-5 menggunakan XRD menghasilkan difraktogram ZSM-5 yang dicirikan dengan sepuluh pola difraksi XRD sesuai dengan pola difraksi XRD ZSM-5 standar (Gambar 5.1).

## 2. SEM

SEM digunakan untuk mengamati morfologi permukaan ZSM-5. Foto SEM ZSM-5 yang dihasilkan tertera pada Gambar 5.2.



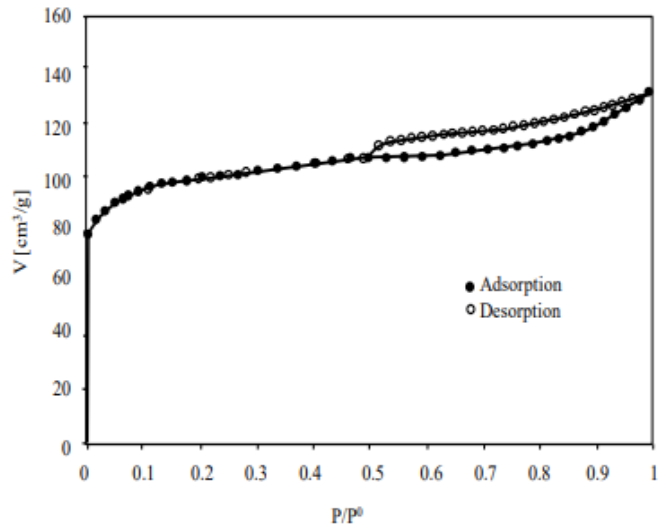
Gambar 5.2 Foto SEM ZSM-5 yang dihasilkan  
(Nurdin, *et al.*, 2018)



Hasil analisis menggunakan SEM menunjukkan struktur mikro yaitu ukuran kristal zeolit tidak teratur dan masih ada struktur seperti serabut dan gumpalan, namun ada juga yang berbentuk kubus yang merupakan ciri khas ZSM-5 (Gambar 5.2).

3. Adsorpsi-desorpsi isothermal nitrogen

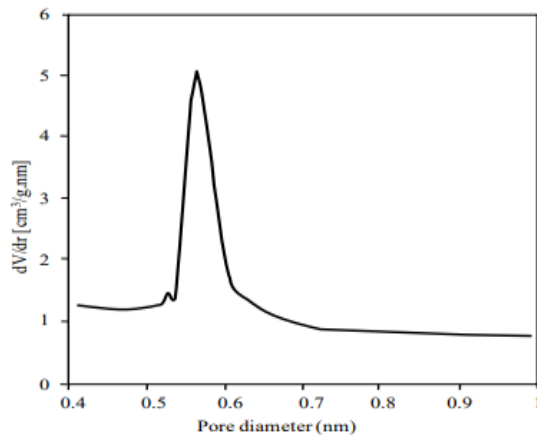
Luas permukaan spesifik BET dan volume pori yang diperoleh masing-masing adalah  $300 \text{ m}^2/\text{g}$  dan  $0,13 \text{ cm}^3/\text{g}$  (Gambar 5.3).



Gambar 5.3 Adsorpsi-desorpsi isothermal nitrogen (Nuridin, *et al.*, 2018)

4. Distribusi ukuran pori

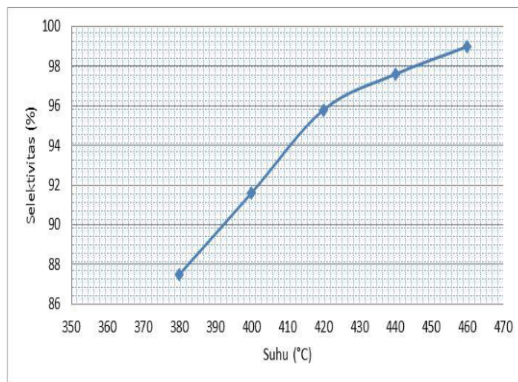
Distribusi ukuran pori ZSM-5 yang dihasilkan sempit dengan ukuran pori rata-rata sekitar 0,55 nm (Gambar 5.4), sehingga dapat digunakan untuk mengonversi bioetanol menjadi bioetilena.



Gambar 5.4 Distribusi Pori  
(Nurdin, *et al.*, 2018)

5. Hubungan antara suhu dehidrasi dan selektivitas etilena

Hubungan antara suhu dehidrasi dan selektivitas etilena disajikan pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Grafik hubungan antara suhu dehidrasi dan selektivitas etilena  
(Nurdin, *et al.*, 2018)

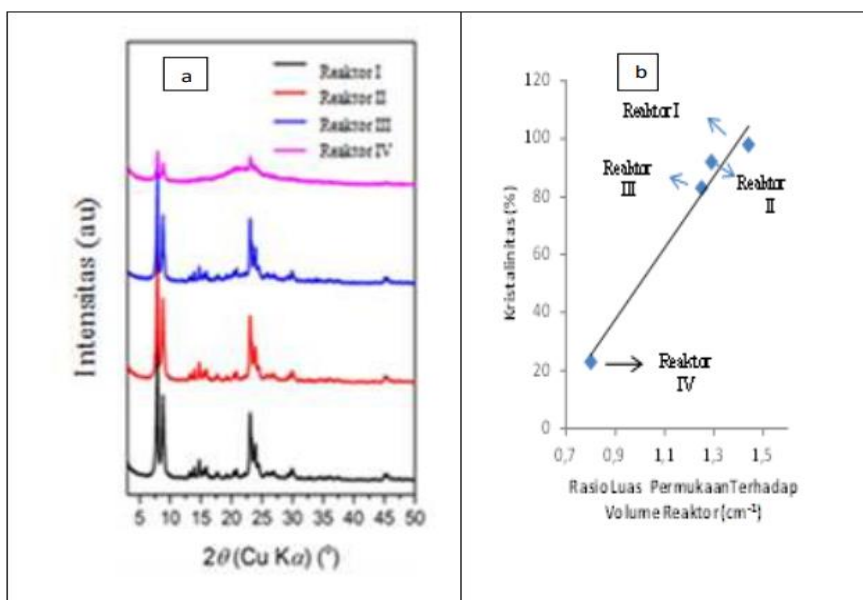
Selektivitas etilena sekitar 99% dicapai pada suhu 480 °C (Gambar 5.5).

### C. Karakterisasi ZSM-5 yang Disintesis pada Suhu Rendah (90°C)

Sintesis dan karakterisasi zeolit ZSM-5 diawali sintesis ZSM-5 pada suhu rendah dengan:

1. Perbedaan geometri reaktor dan rasio luas permukaan terhadap volume reaktor

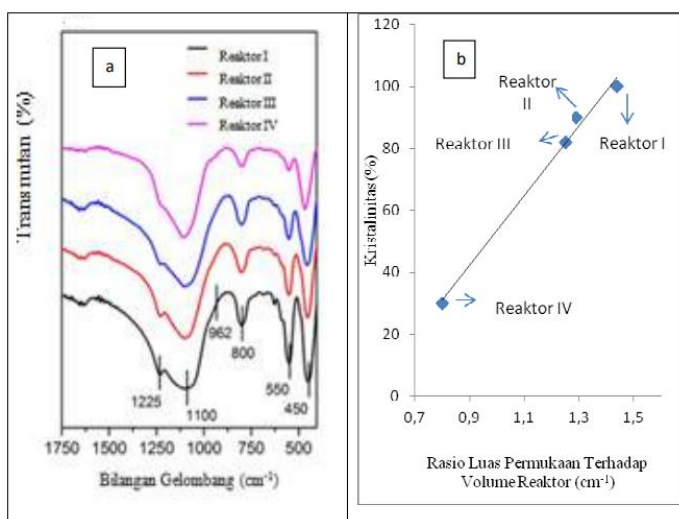
Mukaromah, *et al.*, (2016b), telah mempelajari perbedaan geometri reaktor dan rasio luas permukaan terhadap volume reaktor yang disajikan pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6 (a). Pola difraksi sinar X ZSM-5 hasil sintesis, (b). Plot kristalinitas dari data XRD versus rasio luas permukaan terhadap volume reaktor. (Mukaromah, *et al.*, 2016b)

Gambar 5.6 menunjukkan hasil sintesis dari reaktor I, II, dan III. Hasil ini menunjukkan intensitas (I) puncak difraksi pada  $2\theta = 7^\circ$ - $8^\circ$  dan  $2\theta = 23^\circ$ - $25^\circ$ , yang merupakan karakteristik bentuk kristalin ZSM-5 tanpa bentuk amorf. Dalam reaktor IV, pembentukan ZSM-5 sebagian besar berbentuk amometrik.

Struktur ZSM-5 dari keempat reaktor dikarakterisasi dengan FTIR, yang hasilnya ditunjukkan pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Spektra FTIR hasil zeolit ZSM-5, (b). Plot kristalinitas dari data FTIR versus rasio luas permukaan terhadap volume reaktor. (Mukaromah, *et al.*, 2016b)

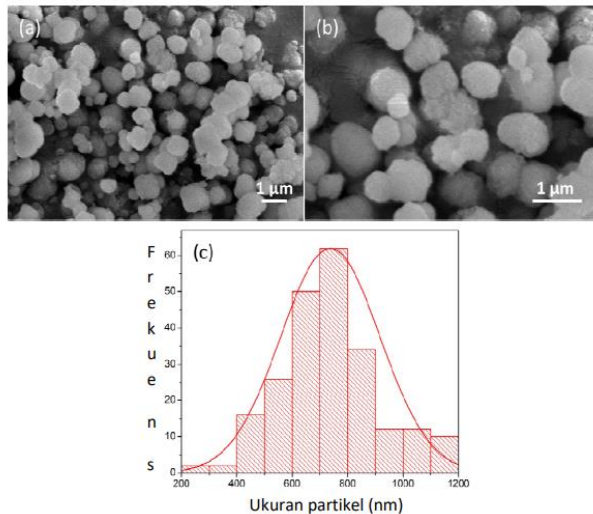
Puncak yang jelas untuk ikatan Si-O ditemukan pada panjang gelombang 1400-400  $\text{cm}^{-1}$ . Puncak lain pada 1100  $\text{cm}^{-1}$  adalah kedudukan transversal regangan asimetris ikatan Si-O-Si. Puncak lain pada 1225  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan vibrasi regangan asimetris Si-O-Si serta vibrasi tekuk ikatan  $\text{SiO}_4$  tetrahedral, yang merupakan ciri khas kristal zeolit. Selanjutnya, pada 962  $\text{cm}^{-1}$  ada vibrasi regangan dari ikatan Si-OH (sil (silanol)). Ikatan pada 800  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan vibrasi regangan asimetris ikatan-ikatan Si-O-Si, dan pada 450  $\text{cm}^{-1}$  muncul vibrasi lekuk. Vibrasi regangan asimetris unit cincin pentasil ZSM-5, juga dikenal sebagai cincin lima bagian, atau d5r, adalah karakteristik ZSM-5.

Rasio intensitas pada bilangan gelombang 550  $\text{cm}^{-1}$  dan intensitas pada bilangan gelombang 450  $\text{cm}^{-1}$  dapat digunakan untuk mengetahui kristalinitas produk. Semua ikatan tersebut sesuai dengan literatur sebelumnya tentang topik ini. Menurut Shukla dan Pandya (1989),  $I_{550}/I_{450}=0,81$  menunjukkan kristalinitas 100%.

Dengan rasio luas permukaan terhadap volume yang lebih besar, reaktor akan menghasilkan hasil sintesis dengan kristalinitas yang lebih tinggi, seperti yang ditunjukkan oleh data FTIR. Selain itu, reaktor dengan rasio luas permukaan terhadap volume yang lebih besar juga memiliki kemampuan untuk meningkatkan transfer panas, yang dapat digunakan untuk proses energi dengan lebih cepat.

## 2. SEM-EDX

Reaktor I dipilih untuk analisis SEM-EDX karena memiliki rasio luas permukaan terhadap volume tertinggi, yaitu 1,44 dan memiliki kristalinitas tertinggi dari tiga sampel lainnya. Permukaan zeolit yang dihasilkan dari reaktor I memiliki citra SEM yang dapat dilihat pada Gambar 5.8.



Gambar 5.8 Citra SEM produk reaktor I dengan (a) perbesaran 5000 x, (b) perbesaran 10.000 x, (c) Hubungan histogram distribusi ukuran partikel dan frekuensi ZSM-5.

(Mikaromah, *et al.*, 2016b)

Gambar 5.8 (a) dan (b) menunjukkan gambar SEM dari produk reaktor I. Morfologi kristal menunjukkan bentuk spherical kristal, dengan ukuran partikel sekitar 700 nm, yang dihitung berdasarkan histogram dalam Gambar 5.8. (c). Setelah ukuran kristalinitas dihitung

menggunakan persamaan Scherrer, hasil 40 nm menunjukkan bahwa partikel yang diamati adalah kumpulan dari beberapa kristal ZSM-5 yang lebih kecil daripada kristal tunggal. Kemungkinan ada rongga mesopori di antara kristal yang lebih kecil (Thomas dkk., 2015).

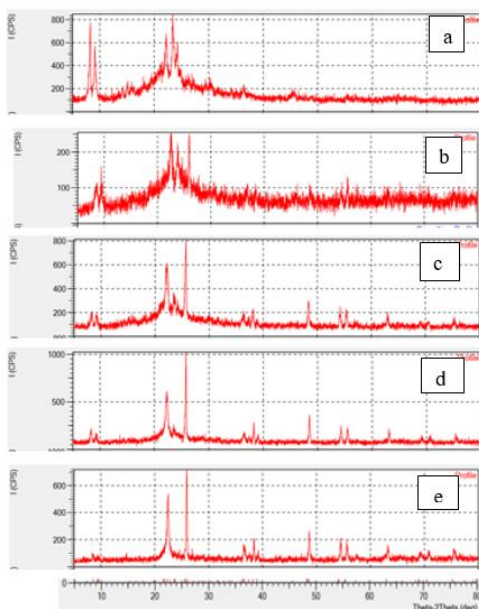
3. Sintesis dan Karakterisasi Zeolit ZSM-5 pada Suhu Rendah dengan Variasi Rasio Mol  $H_2O/SiO_2$

Sintesis membran zeolit dengan metode elektrodeposisi/*coating*, larutan yang digunakan sebagai precursor berbentuk larutan dengan rasio mol  $H_2O/Si=62,29$  dan memiliki kristalinitas 83,18%. (Mukaromah, *et al.*, 2016b).

#### D. Karakterisasi ZSM-5/ $TiO_2$

##### 1. XRD

Karakterisasi pola difraksi ZSM-5/ $TiO_2$  dengan perbandingan 20:1; 20:3; 20:5; dan 20:7 disajikan pada Gambar 5.9.

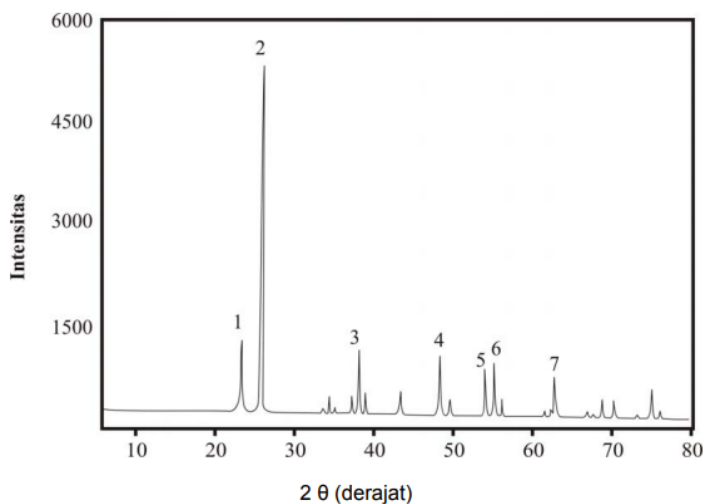


Gambar 5.9 Pola difraksi ZSM-5 (a), dan pola difraksi ZSM-5/ $TiO_2$  dengan perbandingan 20:1 (b); 20:3 (c); 20:5 (d) ; dan 20:7 (e).

(Lab. Terpadu Universitas Diponegoro, 2018)

Gambar 5.9 menunjukkan bahwa pola difraksi ZSM-5 dengan intensitas tertinggi pada 8 dan 23°, sedangkan intensitas tertinggi pada pola difraksi TiO<sub>2</sub> pada 25,35° (Gambar 5. 9)

Difraktogram TiO<sub>2</sub> dibuat dengan radiasi Cu -K $\alpha$  dari sudut 2 $\theta$  = 10 – 80° disajikan pada Gambar 5. 10.



Gambar 5.10 Difraktogram TiO<sub>2</sub>  
(Lab. Kimia Universitas Gadjah Mada 2004)

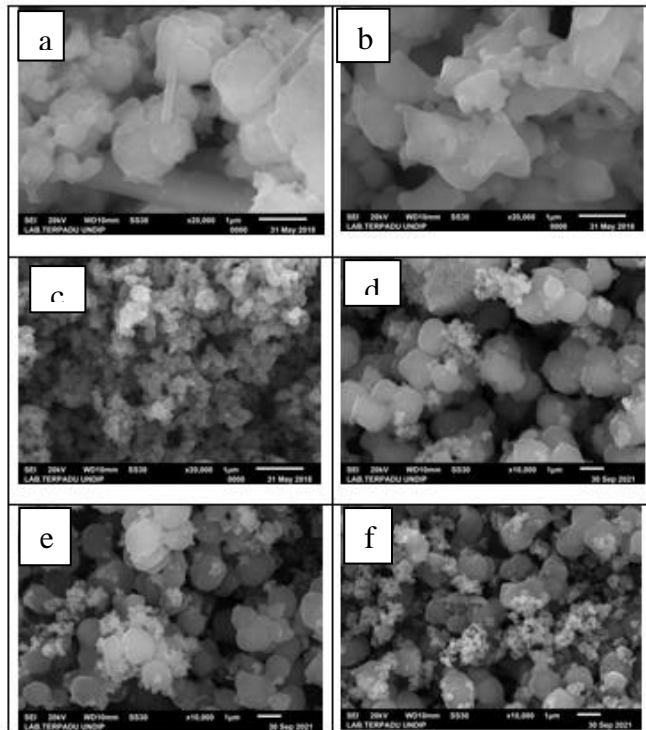
Gambar 5. 10 menunjukkan puncak dengan intensitas tinggi pada 2 $\theta$  = 22,86; 25,35; 37,85; 48,10; 53,95; 55,13; dan 62,75°. Harga jarak antar bidang (d) mengikuti hukum Bragg dengan panjang gelombang 1,54060 Å, dan harga d berturut-turut adalah 3,89; 3,51; 2,38; 1,89; 1,70; 1,66; dan 1,48 Å, masing-masing dengan intensitas 21, 100, 20, 32, 17, 19, dan 15 %. Harga-harga d dan intensitas TiO<sub>2</sub> yang digunakan dibandingkan dengan data XRD dari berbagai jenis TiO<sub>2</sub> pada JCPDS (International Centre for Diffraction Data) tahun 2001, dihasilkan TiO<sub>2</sub> jenis anatase yang mempunyai harga E<sub>g</sub> 3,2 eV.

Pola difraksi ZSM-5/TiO<sub>2</sub> dengan perbandingan ZSM-5:TiO<sub>2</sub> 20:1 (b); 20:3 (c); 20:5 (d) ; dan 20:7 (e) (Gambar 4. 9) menunjukkan sudut 2 $\theta$  dengan intensitas tertinggi muncul pada sudut 2 $\theta$  pada 8° dan 23° yang merupakan ciri khas ZSM-5 dan 25,35° yang merupakan intensitas tertinggi TiO<sub>2</sub> pada semua perbandingan.

## 2. SEM

Morfologi permukaan/citra SEM ZSM-5 yang merupakan citra dari ZSM-5,  $\text{TiO}_2$  dan ZSM-5/ $\text{TiO}_2$  dengan perbandingan ZSM-5: $\text{TiO}_2$  20:1 (b); 20:3 (c); 20:5 (d) ; dan 20:7 (e) disajikan pada Gambar 5. 11.

Citra SEM dari ZSM-5 ZSM-5/ $\text{TiO}_2$  dengan perbandingan ZSM-5: $\text{TiO}_2$  20:1 (b) menunjukkan pori terbuka lebih banyak dibandingkan dengan yang lain. Hal ini disebabkan adanya impregnasi  $\text{TiO}_2$  ke dalam ZSM-5 maka pori nya semakin besar dan kemampuan untuk mengadsorpsi juga lebih besar. Semakin besar jumlah  $\text{TiO}_2$  yang ditambahkan, maka  $\text{TiO}_2$  selain membuat pori terbuka juga menutupi pori ZSM-5 semakin banyak jumlah  $\text{TiO}_2$ ,maka akan menutupi pori-pori ZSM-5, yang terbaik yang 20:1 (Gambar 5.11).

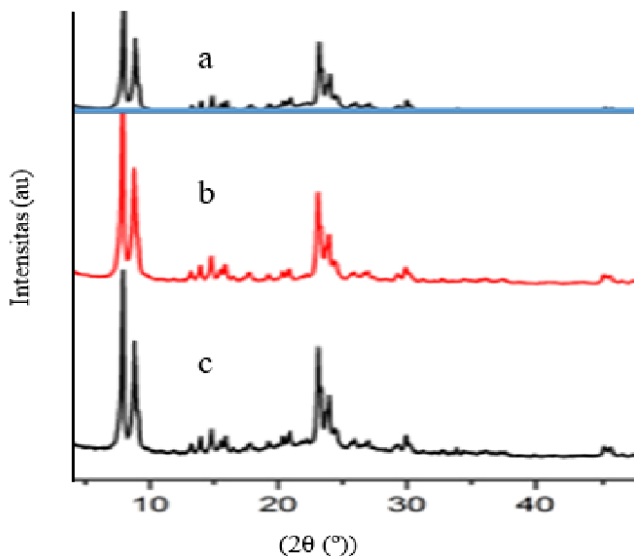


Gambar 5.11 SEM dengan perbesaran 20.000 x ZSM-5 (a),  $\text{TiO}_2$  (b) dan ZSM-5/ $\text{TiO}_2$  dengan perbandingan ZSM-5: $\text{TiO}_2$  20:1 (c); 20:3 (d); 20:5 (e) ; dan 20:7 (f). (Lab Terpadu UNDIP, 2021).



### E. Karakterisasi Membran ZSM-5

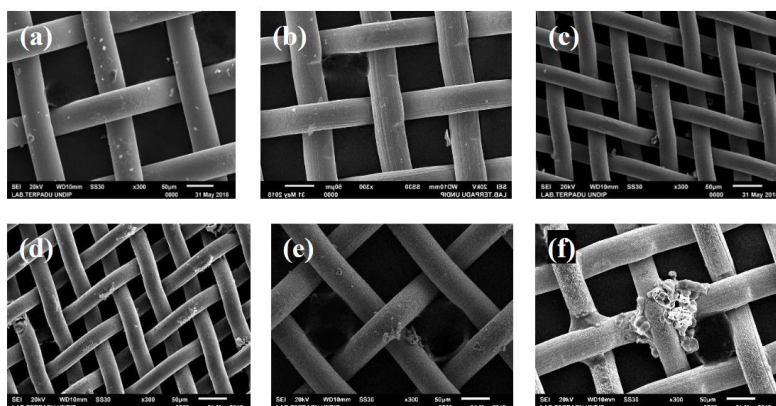
Karakterisasi pola difraksi X membran ZSM-5 dengan variasi jenis kasa dapat dilihat pada Gambar 5. 12



Gambar 5.12 Pola difraksi Sinar X Membran ZSM-5  
(Lab. Terpadu Universitas Diponegoro, 2018)

Pola difraksi sinar X membran yang disintesis dengan penyangga kasa 304-200 (a), 304-400 (b), dan AISI 316-180 (c) (Gambar 4.12) memiliki intensitas tertinggi pada  $2\theta = 8^\circ$  dan  $23^\circ$ , yang merupakan karakteristik ZSM-5 (ICSD 91010). Thommes *et al.*, (2015) Hal ini menunjukkan bahwa membran ZSM-5 dihasilkan.

Jenis kasa AISI 316 dan 304 memiliki ukuran 180, 200, dan 400 mesh, yang berarti setiap 1 inch (2,54 cm x 2,54 cm) memiliki 180, 200, dan 400 lubang dengan luasan masing-masing lubang atau pori masing-masing  $1,6 \text{ mm}^2$ ;  $3,58 \text{ mm}^2$ ; dan  $3,2 \text{ mm}^2$  (Gambar 4.13). Dengan demikian, lebih besar ukuran mesh berarti lebih banyak lubang dan pori, dan lebih kecil luasan pori.



Gambar 5.13 SEM dari variasi ukuran kasa (mesh) sebelum *pretreatment* dengan pembesaran 300x (a) 180; (b) 200; (c) 400 dan setelah *pretreatment* dengan pembesaran 300x (d) 400; (e) 200; (f) 180.

Tabel 5.2 menunjukkan komposisi EDX sebelum dan sesudah *pretreatment*. Reaksi dengan larutan yang digunakan untuk perlakuan menyebabkan komponen C, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, dan NiO berkurang setelah *pretreatment*. Hal ini menyebabkan permukaan kasa AISI 316-180, 304-200, dan 304-400 menjadi kasar. Akibatnya, prekursor zeolit diharapkan dapat menempel dengan kuat di permukaan kasa tersebut.

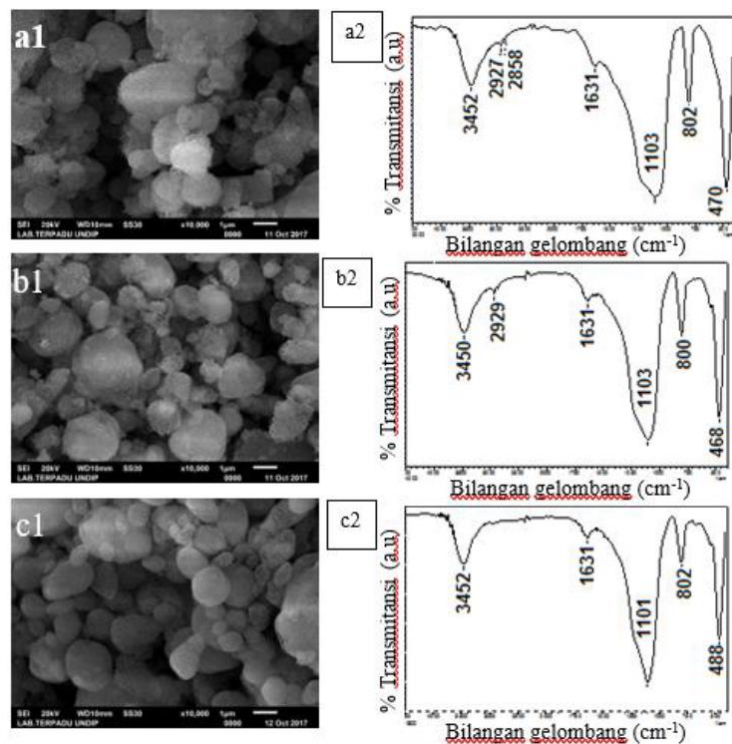
Tabel 5.2 EDX variasi jenis Kasa Sebelum dan Sesudah *Pretreatment*

Jenis Kasa - Ukuran Kasa (mesh)	Komponen	Komposisi (% wt) Sebelum Pre-treatment	Komposisi (% wt) Sesudah Pre-treatment
AISI 316-180	Cr	16,46	14,05
	Ni	10,35	8,86
	Fe	57,56	48,15
304-200	Cr	14,14	12,16
	Ni	4,95	4,85
	Fe	63,77	39,89
304-400	Cr	12,75	12,69
	Fe	43,44	41,84
	Ni	7,79	7,52

(Lab Terpadu UNDIP. 2018)

Tabel 5.2 menunjukkan komponen Cr, Ni, dan Fe sesudah *pretreatment* berkurang dan menjadi tidak halus (kasar), sehingga prekursor zeolit dapat menempel dengan kuat di permukaan kasa-kasa tersebut.

Hasil FTIR304-200; (b2) 304-400; (c2) AISI 316-180 dengan *pretreatment* direndam Toluena selama 12 jam, HCl 15% selama 20 menit, dan TPABr 0,1 M selama 12 jam semuanya menghasilkan membran ZSM-5 yaitu mempunyai rasio intensitas antara bilangan gelombang 550  $\text{cm}^{-1}$  dengan intensitas pada bilangan gelombang 450  $\text{cm}^{-1}$  mendekati 0,81.



Gambar 5.14 Citra SEM membran ZSM-5 dengan perbesaran 10.000x jenis dan ukuran kasa (mesh) (a1) 304-200; (b1) 304-400; (c1) AISI 316-180 dan citra FTIR (a2) 304-200; (b2) 304-400; (c2) AISI 316-180 dengan *pretreatment* direndam Toluena selama 12 jam, HCl 15% selama 20 menit, dan TPABr 0,1 M selama 12 jam.

(Lab Terpadu UNDIP, 2018)

## **BAB 6. PENURUNAN KONSENTRASI Cu(II) DALAM AIR DENGAN SERBUK ZSM-5/TiO<sub>2</sub> DAN MEMBRAN ZSM-5/TiO<sub>2</sub>**

Ion Cu(II) merupakan komponen penting dalam tubuh manusia. yang dibutuhkan untuk produksi energi, antioksidan, sintesis hormon adrenalin, dan pembentukan jaringan ikat. Jika kadar ion Cu(II) berlebihan dapat menyebabkan keracunan dan merugikan Kesehatan. Kandungan ion logam berat dalam air minum juga diatur oleh regulasi Kesehatan, di mana batasan maksimum kandungan Cu(II) dalam air minum adalah 2 mg/L.

### **A. Alat dan Bahan yang diperlukan**

Alat yang digunakan yaitu neraca analitik, spektrofotometer, oven, *muffle furnace*, Labu ukur 50,0 mL, 100,0 mL, 500,0 mL, 1000,0 mL, Erlenmeyer 250 mL, *Beaker glass* 250 mL, pipet volume 5,0 mL dan 2,0 mL, kertas saring, pH meter, magnetik stirrer, filler, corong, gelas ukur 10 mL, batang pengaduk, Rotator, Statif, Neraca analitis, dan Buret 50,0 ml. Bahan yang dipakai adalah larutan baku CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O, serbuk ZSM-5/TiO<sub>2</sub>, membrane ZSM-5/TiO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>OH 5 %, Na dietil ditiokarbamat 1 % dan Aquadest.

### **B. Pembuatan baku induk Cu<sup>2+</sup> 100 ppm sebanyak 1000 mL**

Rumus perhitungan jumlah CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O yang ditimbang:

$$\begin{aligned} &= \frac{BM_{CuSO_4 \cdot 5H_2O}}{BA_{Cu}} \times \frac{100}{1000} \\ &= \frac{249,68}{63,55} \times \frac{100}{1000} = 0,3929 \text{ gram} \end{aligned}$$

Serbuk CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O ditimbang 0,3929 gram dimasukkan kedalam labu ukur 1000 mL ditambahkan dengan aquaest hingga tanda batas dan dihomogenkan kemudian dimasukkan kedalam botol coklat.

1. Pembuatan sampel baku Cu<sup>2+</sup> 50 ppm sebanyak 1000 mL dari larutan baku Cu<sup>2+</sup> 100 ppm

Rumus perhitungan:

$$V1 \cdot N1 = V2 \cdot \text{ppm}2$$

$$V1 \cdot 100 = 50 \cdot 1000$$

$$V1 = 500 \text{ mL}$$

Baku  $\text{Cu}^{2+}$  100 ppm sebanyak 500,0 mL dimasukkan kedalam labu ukur 1000 mL kemudian ditambahkan aquadest hingga tanda batas dan dihomogenkan.

2. Pembuatan larutan baku  $\text{Cu}^{2+}$  10 ppm sebanyak 100 mL dari baku  $\text{Cu}^{2+}$  100 ppm

Rumus perhitungan:

$$V1 \cdot \text{ppm}1 = V2 \cdot \text{ppm}2$$

$$V1 \cdot 100 = 100 \cdot 10$$

$$V1 = 10,0 \text{ mL}$$

Baku  $\text{Cu}^{2+}$  100 ppm dipipet 10,0 mL dimasukkan kedalam labu ukur 100 mL kemudian ditambahkan dengan menggunakan aquadest hingga tanda batas dan dihomogenkan.



Gambar 6.1 Pembuatan Baku Cu(II) 10,0 ppm

Pembuatan baku seri  $\text{Cu}^{2+}$  0,5–5,0 ppm sebanyak 50 mL dari baku Cu(II) 10,0 ppm

- a. Baku seri 0,5 ppm

$$V1 \times \text{ppm}_1 = V2 \times \text{ppm}_2$$

$$V1 \times 10 = 50 \times 0,5$$

$$V1 = 2,5 \text{ mL}$$

- b. Baku seri 1,0 ppm  
 $V1 \times \text{ppm}_1 = V2 \times \text{ppm}_2$   
 $V1 \times 10 = 50 \times 1,0$   
 $V1 = 5,0 \text{ mL}$
- c. Baku seri 1,5 ppm  
 $V1 \times \text{ppm}_1 = V2 \times \text{ppm}_2$   
 $V1 \times 10 = 50 \times 1,5$   
 $V1 = 7,5 \text{ mL}$
- d. Baku seri 2,0 ppm  
 $V1 \times \text{ppm}_1 = V2 \times \text{ppm}_2$   
 $V1 \times 10 = 50 \times 2,0$   
 $V1 = 10,0 \text{ mL}$
- e. Baku seri 2,5 ppm  
 $V1 \times \text{ppm}_1 = V2 \times \text{ppm}_2$   
 $V1 \times 10 = 50 \times 2,5$   
 $V1 = 12,5 \text{ mL}$
- f. Baku seri 3,0 ppm  
 $V1 \times \text{ppm}_1 = V2 \times \text{ppm}_2$   
 $V1 \times 10 = 50 \times 3,0$   
 $V1 = 15,0 \text{ mL}$
- g. Baku seri 3,5 ppm  
 $V1 \times \text{ppm}_1 = V2 \times \text{ppm}_2$   
 $V1 \times 10 = 50 \times 3,5$   
 $V1 = 17,5 \text{ mL}$
- h. Baku seri 4,0 ppm  
 $V1 \times \text{ppm}_1 = V2 \times \text{ppm}_2$   
 $V1 \times 10 = 50 \times 4,0$   
 $V1 = 20,0 \text{ mL}$
- i. Baku seri 4,5 ppm  
 $V1 \times \text{ppm}_1 = V2 \times \text{ppm}_2$   
 $V1 \times 10 = 50 \times 4,5$   
 $V1 = 22,5 \text{ mL}$

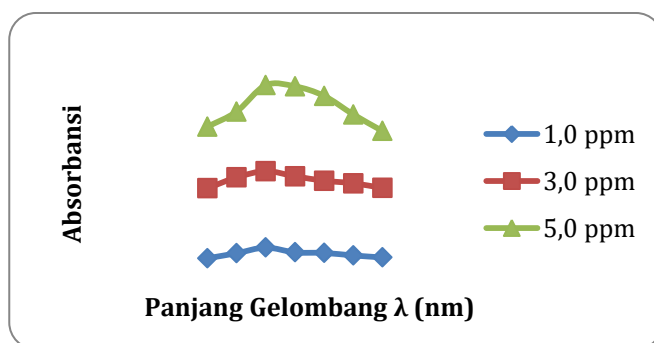
j. Baku seri 5,0 ppm  
 $V_1 \times \text{ppm}_1 = V_2 \times \text{ppm}_2$   
 $V_1 \times 10 = 50 \times 5,0$   
 $V_1 = 25,0 \text{ mL}$

3. Optimasi Panjang Gelombang untuk Penetapan Kadar Cu (II)  
 Optimasi panjang gelombang yaitu menggunakan baku  $\text{Cu}^{2+}$  1,0 ppm, 3,0 ppm dan 5,0 ppm yang diukur pada panjang gelombang 440–500 nm dengan alat spektrofotometer. Hasil dari absorbansi maksimum yang diperoleh merupakan panjang gelombang maksimum.

Tabel 6.1 Optimasi Panjang Gelombang

Panjang gelombang (nm)	Konsentrasi Baku $\text{Cu}^{2+}$ (ppm)		
	1,0	3,0	5,0
440	0,099	0,348	0,567
450	0,117	0,387	0,621
<b>460</b>	<b>0,137</b>	<b>0,409</b>	<b>0,715</b>
470	0,120	0,391	0,711
480	0,118	0,375	0,677
490	0,109	0,366	0,611
500	0,102	0,349	0,552

(Ismania dkk., 2018)



Gambar 6.2 Grafik optimasi panjang gelombang  
 (Ismania dkk., 2018)

Tabel 6.1 dan Gambar 6.2 absorbansi baku  $\text{Cu}^{2+}$  1.0; 3.0; 5.0 ppm mengalami kenaikan pada panjang gelombang 440. 450 dan 460 nm

namun. pada panjang gelombang 470. 480. 490. dan 500 nm absorbansi mengalami penurunan sehingga panjang gelombang yang optimum yaitu 460 nm.

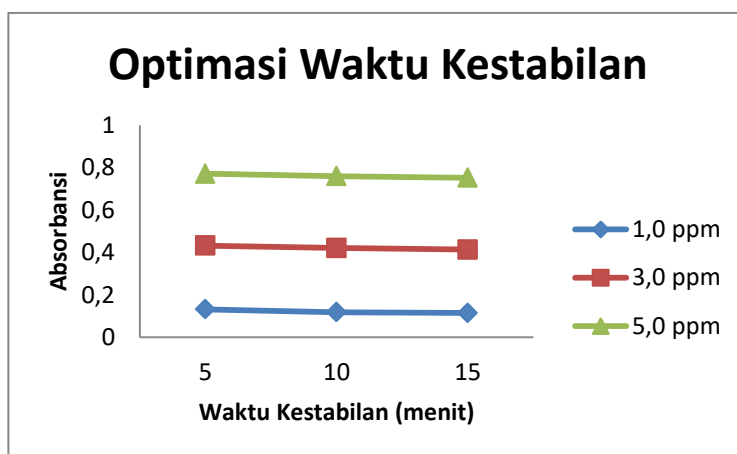
#### 4. Optimasi waktu Kestabilan

Penentuan waktu kestabilan menggunakan baku  $\text{Cu}^{2+}$  1.0 ppm. 3.0 ppm. 5.0 ppm kemudian dilakukan pembacaan absorbansi menggunakan alat spektrofotometer dengan waktu kestabilan 5 menit, 10 menit, 15 menit dan dibaca pada panjang gelombang maksimum. Absorbansi tertinggi merupakan waktu kestabilan yang maksimum.

Tabel 6. 2.Optimasi Waktu Kestabilan

Waktu Kestabilan (menit)	Konsentrasi Baku $\text{Cu}^{2+}$ (ppm)		
	1.0	3.0	5.0
5	0,13	0,432	0,771
10	2	0,421	0,760
15	0,118	0,413	0,752

(Ismania dkk., 2018)



Gambar 6.3 Optimasi Waktu Kestabilan

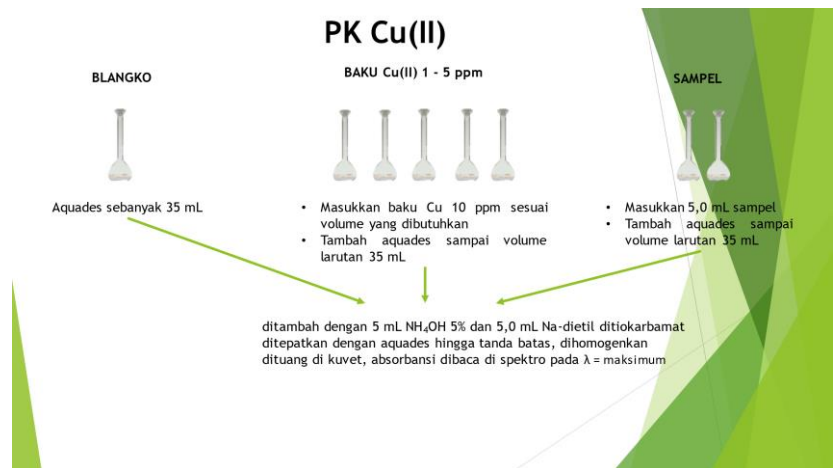
(Ismania dkk., 2018)



Tabel 6.2 dan Gambar 6.3 menunjukkan waktu kestabilan pada panjang gelombang 460 nm diperoleh kenaikan absorbansi pada waktu 5 menit dan pada menit 10 dan 15 absorbansi menurun. sehingga waktu kestabilan yang maksimum yaitu 5 menit.

5. Pembuatan Kurva Baku Seri

Labu ukur 50 mL disiapkan 11 buah. labu pertama dituang  $\pm$  35 mL aquadest sebagai blangko dan dimasukkan kedalam labu ukur 50 mL sebagai blangko kemudian labu selanjutnya masing-masing diisi baku  $\text{Cu}^{2+}$  10 ppm sebanyak (2,5 mL; 5,0 mL; 7,5 mL; 10,0 mL; 12,5 mL; 15,0 mL; 17,5 mL; 20,0 mL; 22,5 mL dan 25,0 mL) kemudian ditambahkan aquadest sampai volume larutan 35 mL. kemudian ditambah 5 mL  $\text{NH}_4\text{OH}$  5% dan 5,0 mL Na dietil ditiokarbamat 1% ditepatkan dengan aquadest dan dihomogenkan. Absorbansi dibaca pada spektrofotometer dengan panjang gelombang dan waktu kestabilan maksimum.



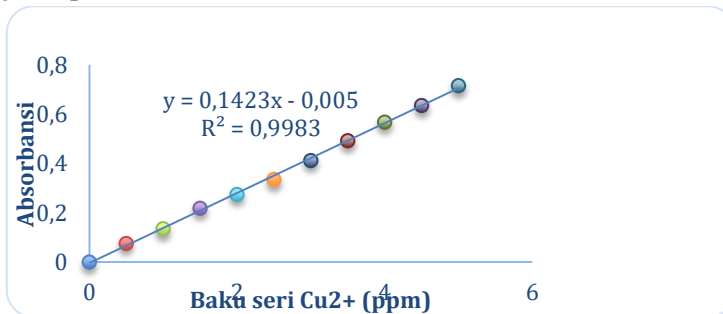
Gambar 6.4 Pembuatan kurva Baku Cu(II) dan sampel (Ismania dkk., 2018)

Tabel 6.3 Absorbansi Baku Seri Cu<sup>2+</sup> dari 0,5– 5,0 ppm

Konsentrasi Baku Cu <sup>2+</sup> ppm	Absorbansi Baku Seri
0,5	0,076
1,0	0,135
1,5	0,219
2,0	0,274
2,5	0,335
3,0	0,412
3,5	0,493
4,0	0,568
4,5	0,635
5,0	0,716

(Ismania dkk., 2018)

Dari data absorbansi baku seri Cu<sup>2+</sup>, dibuat kurva baku Cu<sup>2+</sup> dan disajikan pada Gambar 6.5.



Gambar 6.5 Grafik Kurva Baku Seri Cu<sup>2+</sup> 0,5–5,0 ppm

(Ismania dkk., 2018)

Dari Tabel 6.3 dan Gambar 5.5, kurva baku seri Cu<sup>2+</sup> dengan persamaan garis  $Y=0,1423x-0,005$  dengan R square = 0,9983. Rumus ini digunakan untuk menghitung konsentrasi kadar Cu<sup>2+</sup> awal dan Cu<sup>2+</sup> setelah penambahan serbuk ZSM-5/TiO<sub>2</sub> dan membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub>.

6. Penurunan Konsentrasi Ion Cu(II) dengan Serbuk dan Membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub>

Larutan sampel Cu (II) sebanyak 50 mg/L dialirkan melalui serbuk ZSM-5/TiO<sub>2</sub> dengan iradiasi UV selama 30 menit dan dipisahkan untuk filtrat. Filtrat yang dihasilkan dihitung pada konsentrasi akhir Cu(II). Perlakuan ini diulang untuk variasi waktu penyinaran 60 dan 90 menit. Prosedur ini diulang juga untuk membran dengan dukungan gauze AISI 316-180, 304-400, dan 304-200 [Ismania dkk., 2018; Rochmatun dkk., 2018; Mukaromah et al., 2017; Mukaromah et al., 2016b; Chasanah dan Mukaromah, 2019; Assyifa dan Mukaromah, 2019].

7. Hasil dan Pembahasan

Tabel 6. 4. Persentase Penurunan Kadar Ion Cu (II) dengan Variasi Serbuk ZSM-5/TiO<sub>2</sub> waktu Penyinaran 75 menit

Serbuk ZSM-5/TiO <sub>2</sub> (% w/v)	Persentase Penurunan TiO <sub>2</sub>	Kadar Ion ZSM-5	Cr(VI) (%) ZSM-5/TiO <sub>2</sub>
0,25	6,16	10,60	16,99
0,50	9,68	13,01	18,84
0,75	12,09	14,59	24,83
1,00	14,39	16,88	30,82
1,25	17,28	21,44	36,14

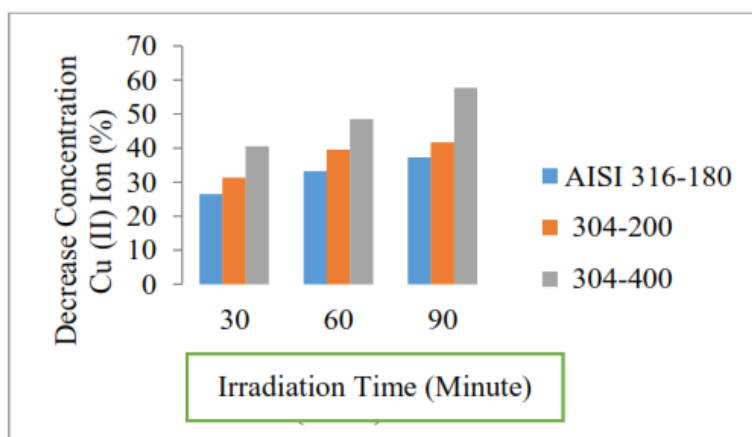
(Ismania dkk., 2018)

Tabel 5.4 menunjukkan bahwa kemampuan adsorpsi ZSM-5 dapat ditingkatkan dengan impregnasi dengan media pendukung seperti TiO<sub>2</sub> untuk menurunkan Cu(II) dalam air lebih optimal dibandingkan menggunakan TiO<sub>2</sub> dan ZSM-5 saja. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Prima (2012) bahwa semakin besar konsentrasi ZSM-5/TiO<sub>2</sub> dan lama penyinaran UV maka semakin besar pula penurunan konsentrasi warna merah congo [Agusty, 2012].

Persentase penurunan kadar Ion Cu (II) dengan membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> disajikan pada Tabel 6.5 dan Gambar 6.6.

Table 6.5 Persentase Penurunan Kadar Ion Cu (II) dengan Membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub>

Tipe Gauze	Waktu (menit)	Gauze (%)	Membran ZSM-5 TiO <sub>2</sub> (%)	Berat Membran (g)	Membran ZSM-5/TiO <sub>2</sub> UV (%)
AISI 316-180	30	8,86	13,13	0,1252	26,47
	60	9,46	13,54	0,1143	33,20
	90	11,50	15,38	0,1294	37,26
304-200	30	9,80	15,98	0,0909	31,26
	60	11,50	16,80	0,1024	39,49
	90	13,13	18,23	0,0977	41,72
304-400	30	11,09	18,01	0,1349	40,51
	60	13,54	20,05	0,1284	48,56
	90	13,94	21,08	0,1330	57,72



Gambar 6.6 Penurunan Konsentrasi Ion Cu(II) (%) dengan Membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> dari Konsentrasi Ion Cu(II) awal 47,13±0,53 mg/L (Assyifa dan Mukaromah, 2019)

Penurunan konsentrasi Ion Cu(II) tertinggi menggunakan membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> dengan penyangga kasa 304-400 selama waktu perendaman 90 menit.

## BAB 7.

### PENURUNAN KONSENTRASI Cr(VI) DENGAN SERBUK ZSM-5/TiO<sub>2</sub> DAN MEMBRAN ZSM-5/TiO<sub>2</sub>

Ion Cr(III) merupakan nutrisi esensial yang sangat penting untuk metabolisme gula dan beberapa reaksi enzim. Kromium (VI) dalam bentuk kromat dan dikromat sangat beracun dan dapat menyebabkan kanker kulit dan saluran pernapasan. Kandungan ion logam berat dalam air minum juga diatur oleh regulasi Kesehatan, dengan batasan maksimum kandungan chromium dalam air minum adalah 0,05 mg/L.

#### A. Alat dan Bahan yang diperlukan

Alat yang digunakan yaitu neraca analitik. spektrofotometer. oven. *muffle furnace*. Labu ukur 50.0 mL. 100.0 mL. 500.0 mL. 1000.0 mL. Erlenmeyer 250 mL. Beaker glass 250 mL. pipet volume 5.0 mL dan 2.0 mL. kertas saring. pH meter. magnetik stirrer. filler. Corong. Gelas ukur 10 mL. batang pengaduk. Rotator. Statif. Neraca teknis dan Buret 50.0 ml. Bahan yang dipakai adalah larutan baku K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>. serbuk ZSM-5/TiO<sub>2</sub>. membrane ZSM-5/TiO<sub>2</sub>. diphenilkarbazid. dan Aquadest.

#### B. Pembuatan baku induk Cr<sup>6+</sup> 100 ppm sebanyak 1000 mL

Rumus perhitungan jumlah K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> yang ditimbang:

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{BMK}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}{\text{BA } 2 \times \text{Cr}} \times \frac{100}{1000} \\ &= \frac{78+104+112=294}{52 \times 2=104} \times \frac{100}{1000} = 0.3929 \text{ gram} \end{aligned}$$

Serbuk K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> ditimbang 0.3929 gram dimasukkan kedalam labu ukur 1000 mL ditambahkan dengan aquaest hingga tanda batas dan dihomogenkan kemudian dimasukkan kedalam botol coklat.

1. Pembuatan sampel baku Cr<sup>6+</sup> 50 ppm sebanyak 1000 mL dari larutan baku Cr<sup>6+</sup> 100 ppm

Rumus perhitungan:

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times \text{ppm}_2$$

$$V_1 \times 100 = 50 \times 1000$$

$$V_1 = 500 \text{ mL}$$

Baku  $\text{Cr}^{6+}$  100 ppm diukur sebanyak 500,0 mL dimasukkan kedalam labu ukur 1000 mL kemudian ditambahkan aquadest hingga tanda batas dan dihomogenkan.

2. Pembuatan larutan baku  $\text{Cr}^{6+}$  10 ppm sebanyak 100 mL dari baku  $\text{Cr}^{6+}$  100 ppm

Rumus perhitungan:

$$V_1 \cdot \text{ppm}_1 = V_2 \cdot \text{ppm}_2$$

$$V_1 \cdot 100 = 100 \cdot 10$$

$$V_1 = 10,0 \text{ mL}$$

Dipipet 10,0 mL baku  $\text{Cr}^{6+}$  100 ppm dimasukkan kedalam labu ukur 100 mL kemudian ditambahkan dengan menggunakan aquadest hingga tanda batas dan dihomogenkan.



Gambar 7.1. Pembuatan Baku Cr(VI) 10,0 ppm

3. Pembuatan baku seri  $\text{Cr}^{6+}$  0,1 – 1,0 ppm sebanyak 50 mL dari baku  $\text{Cr}^{6+}$  10 ppm

Contoh perhitungan Baku  $\text{Cr}^{6+}$  0,1 ppm

$$V_1 \times \text{ppm}_1 = V_2 \times \text{ppm}_2$$

$$V_1 \times 10 \text{ ppm} = 50 \text{ mL} \times 0,1 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 0,5 \text{ mL}$$

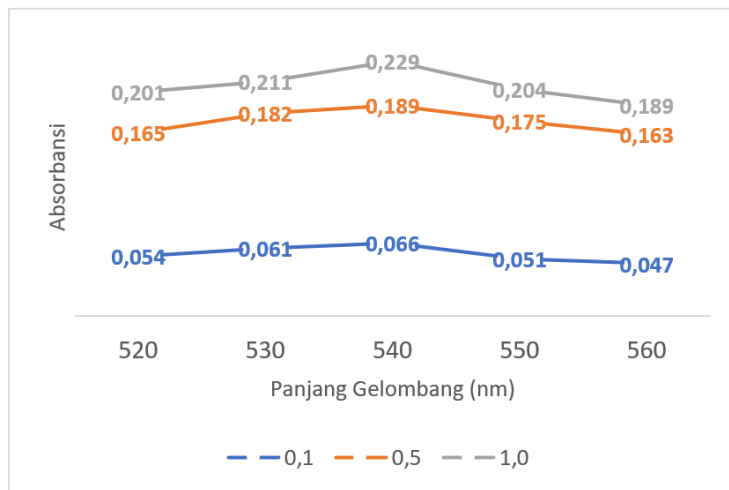
Labu ukur 50 mL sebanyak 11 buah disiapkan, labu ukur 1 sebagai blangko dan labu ke 2-11 untuk baku seri  $\text{Cr}^{6+}$  0,1 – 1,0 ppm, masing-masing dimasukkan baku  $\text{Cr}^{6+}$  10 ppm 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; dan 5,0 mL kemudian ditambah dengan aquades hingga volume 50 mL. Masing-masing labu kemudian ditambahkan 2,5 mL diphenil carbazid. Ditepatkan dengan aquades sampai tanda

batas dan dihomogenkan. Kemudian dibaca pada spektrofotometer dengan  $\lambda$  maksimum.

### C. Hasil dan Pembahasan

#### Optimasi Panjang Gelombang untuk Penetapan Kadar Cr(VI)

Labu ukur 50,0 mL disiapkan sebanyak 4 buah. Labu ke-1 digunakan sebagai blangko. diisi aquades  $\pm$  40 mL. Labu ke-2 hingga 4 diisi dengan baku Chrom dengan volume sesuai tabel 3 berikut, kemudian ditambah dengan aquades hingga volume 30 mL. Masing-masing labu kemudian ditambahkan 2,5 mL diphenil carbazid. Ditepatkan dengan aquades sampai tanda batas dan dihomogenkan. Kemudian dibaca pada spektrofotometer dengan  $\lambda$  520, 530, 540, 550, 560 nm. Hasil absorbansi tertinggi digunakan sebagai panjang gelombang maksimum. Hasil optimasi panjang gelombang penetapan kadar Cr(VI) dapat dilihat pada Gambar 16.

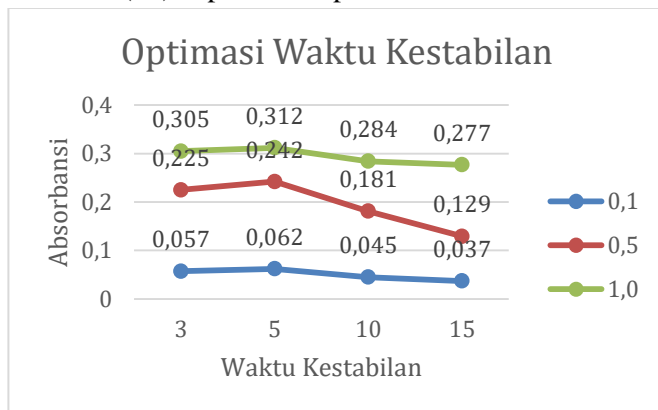


Gambar 7.2 Optimasi Panjang Gelombang

Hasil optimasi panjang gelombang (Gambar 7.2) menunjukkan bahwa absorbansi mengalami kenaikan pada panjang gelombang 520-540 nm, sedangkan pada panjang gelombang 550-560 nm absorbansi mengalami penurunan, sehingga didapatkan panjang gelombang maksimum untuk penetapan kadar Cr(VI) adalah 540 nm.

### Optimasi Waktu Kestabilan

Optimasi waktu kestabilan dilakukan menggunakan baku seri Cr(VI) dengan konsentrasi 0,1; 0,5; 1,0 ppm dan variasi waktu 3; 5; 10; 15 menit pada panjang gelombang 540 nm. Hasil optimasi waktu kestabilan penetapan kadar Cr(VI) dapat dilihat pada Gambar 6.3.



Gambar 7.3 Optimasi Waktu Kestabilan

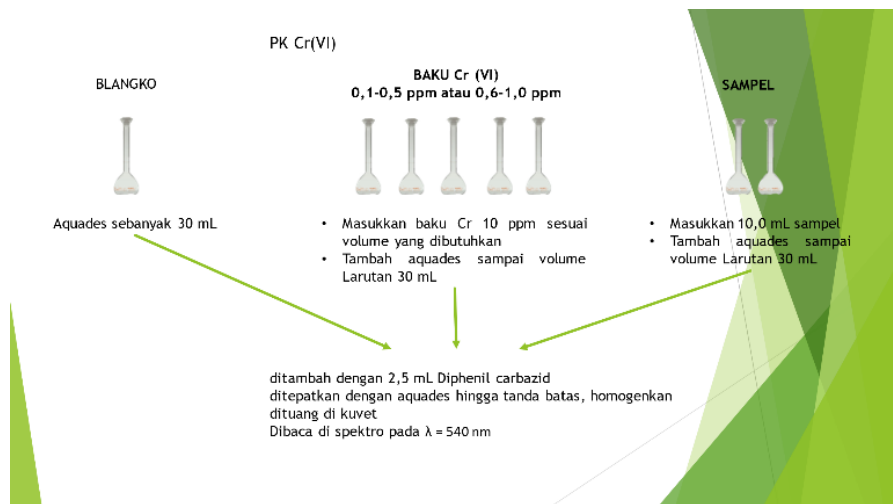
(Alfiani *et al.*, 2018; Faridah *et al.*, 2018; dan Nurprihandayani, Ethica, and Mukaromah, 2018)

Gambar 7.3 menunjukkan bahwa hasil optimasi waktu kestabilan menunjukkan bahwa absorbansi mengalami kenaikan pada waktu 3-5 menit sedangkan 10-15 menit absorbansi mengalami penurunan, sehingga didapatkan waktu kestabilan maksimum untuk penetapan kadar Cr(VI) yaitu 5 menit.

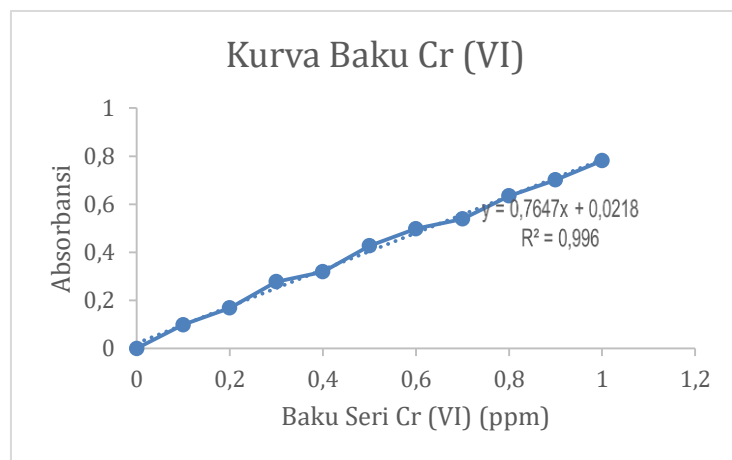
### Pembuatan Kurva Baku Seri Cr(VI)

Labu ukur 50 mL disiapkan 11 buah. labu pertama dituang  $\pm$  35 mL aquadest sebagai blangko dan dimasukkan kedalam labu ukur 50 mL sebagai blangko kemudian labu selanjutnya masing-masing diisi baku  $\text{Cr}^{6+}$  10 ppm sebanyak (0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; dan 5,0 mL) kemudian ditambahkan aquadest sampai volume larutan 35 mL. kemudian ditambah 2,5 mL diphenilkarbazid dan ditepatkan dengan aquadest sampai tanda batas dan dihomogenkan. Absorbansi dibaca pada spektrofotometer dengan panjang gelombang dan waktu kestabilan maksimum. Kurva baku Cr(VI) disajikan pada Gambar 7.4.





Gambar 7.4 Pembuatan Kurva Baku Cr(VI) dan sampel



Gambar 7.5 Kurva Kalibrasi baku seri Cr(VI)

(Alfiani *et al.*, 2018; Faridah *et al.*, 2018; dan Nurprihandayani, Ethica, Mukaromah, 2018)

Gambar 7.5 menunjukkan bahwa kurva baku Cr(VI) didapatkan persamaan linier  $y = 0,7647x + 0,0218$  dengan  $R^2 = 0,996$ . Rumus persamaan tersebut digunakan untuk menghitung konsentrasi ion Cr(VI) awal dan akhir.

### Penetapan Kadar Cr(VI) Awal

Penetapan kadar Cr(VI) awal sebelum perendaman menggunakan serbuk ZSM-5/TiO<sub>2</sub> dan Membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> tertera pada Tabel 7.1.

**Tabel 7.1** Kadar Cr(VI) awal sebelum perendaman

Ulangan	Absorbansi sampel	Kadar Cr(VI) awal (mg/L)	Rata-rata kadar Cr(VI) awal (mg/L)
1	1,023	65,46	65,16 ± 0.29
2	0,989	63,24	
3	1,014	64,87	

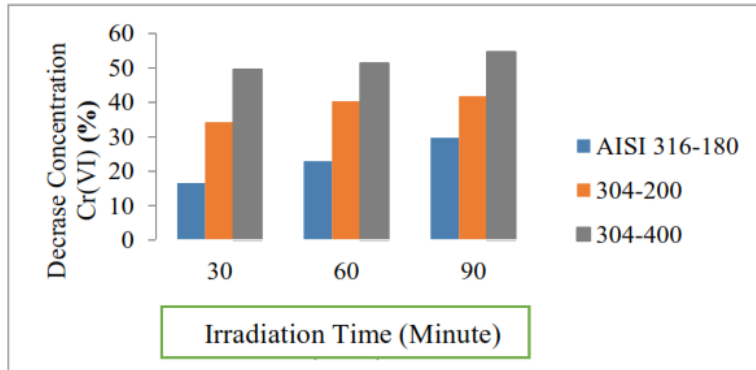
Berdasarkan Tabel 7.2, rata-rata kadar Cr(VI) awal pada sampel adalah 65,16 ± 0,29 (mg/L).

Persentase Penurunan Kadar Cr(VI) menggunakan Serbuk ZSM-5/TiO<sub>2</sub> dan Membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub>. Persentase Penurunan Kadar Cr(VI) menggunakan Serbuk ZSM-5/TiO<sub>2</sub> disajikan pada Tabel 7.2 dan Gambar 7.6.

**Tabel 7.2** Persentase Penurunan Kadar Cr(VI) menggunakan Serbuk ZSM-5/TiO<sub>2</sub>

Waktu Perendaman (menit)	Kadar Ion Cr(VI) Awal (mg/L)	Persentase Penurunan Kadar Ion Cr(VI)		
		TiO <sub>2</sub>	ZSM-5	ZSM-5/TiO <sub>2</sub>
15	42,64	15,21	13,33	17,01
30	42,15	16,31	14,73	17,99
45	41,83	17,40	15,72	18,99
60	36,68	18,59	16,81	28,73
75	32,92	22,76	22,07	36,20

(Alfiani *et al.*, 2018; Faridah *et al.*, 2018; dan Nurprihandayani, Ethica, Mukaromah, 2018)



Gambar 7.6 Penurunan Konsentrasi Cr(VI) dengan membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> dengan variasi penyangga AISI 316-180, 304-200 dan 304-400 mesh (Chasanah dan Mukaromah, 2019 dan Mukaromah *et al.*, 2020)

Hasil penelitian diuji secara statistik menggunakan metode *One Way Anova* dengan diawali uji kenormalan data Shapiro wilk p value yaitu 0,145; 0,176; 0,091 menunjukkan bahwa data berdistribusi normal. Pada uji homogeneity nilai p value yaitu 0,608 maka data berdistribusi homogen. Kemudian diuji dengan *One Way Anova* di mana p value yaitu 0,002 maka Ha diterima. Hal ini menunjukkan bahwa ada pengaruh variasi jenis kasa dalam sintesis membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> dan variasi waktu penyinaran UV terhadap persentase penurunan kadar ion Cu (II) dalam sampel air.

Tabel 7 dan Gambar 20 menunjukkan bahwa persentase penurunan konsentrasi Cr(VI) tertinggi terjadi pada ZSM-5/TiO<sub>2</sub> membrane dengan dukungan gauze 304-400 dengan waktu iradiasi 90 menit sebesar 54.65% [Ismania dkk., 2018]. Penurunan konsentrasi Cu(II) dan Cr(VI) dengan ZSM-5/TiO<sub>2</sub> powder lebih tinggi daripada ZSM-5/TiO<sub>2</sub> membrane karena ZSM-5/TiO<sub>2</sub> powder memiliki luas permukaan yang lebih besar sehingga ketika dikenai sinar UV maka jumlah radikal OH yang dihasilkan juga lebih banyak. sehingga kemampuan adsorpsi juga lebih besar [Ismania dkk., 2018].

## **BAB 8.**

### **POTENSI MEMBRAN ZSM-5/TIO<sub>2</sub> SEBAGAI FILTRASI KADAR UREUM DAN KREATININ PADA DARAH**

#### **A. Peran Kadar Ureum dan Kreatinin dalam Tubuh dan Dampak Kesehatan Akibat Kadar Ureum dan Kreatinin Berlebih**

Kadar ureum dan kreatinin dalam tubuh manusia adalah parameter penting yang digunakan untuk menilai kesehatan ginjal dan fungsi ekskresi tubuh. Ureum dan kreatinin adalah senyawa yang dihasilkan sebagai produk samping dari metabolisme protein, dan keduanya diekskresikan melalui ginjal. Peran masing-masing senyawa dan dampak kesehatan akibat kadar ureum dan kreatinin yang berlebih sebagai berikut:

1. Peran Ureum:
  - a. Ureum adalah hasil akhir dari pemecahan protein dalam tubuh.
  - b. Diproduksi dalam hati dan diekskresikan melalui ginjal.
  - c. Membantu mengatur keseimbangan air dalam tubuh.

Dampak Kesehatan akibat kadar ureum berlebih:

Kadar ureum yang tinggi dapat menyebabkan kondisi yang disebut uremia, yang terjadi ketika tubuh tidak dapat mengeluarkan ureum dengan cukup cepat. Gejala uremia melibatkan gangguan pada berbagai organ dan dapat menjadi kondisi serius.

2. Peran Kreatinin:
  - a. Kreatinin adalah produk sampingan metabolisme otot yang dihasilkan secara konstan.
  - b. Diekskresikan melalui ginjal tanpa mengalami penyerapan kembali yang signifikan.

Dampak Kesehatan akibat kadar kreatinin dalam tubuh berlebih:

Kadar kreatinin yang tinggi dalam darah dapat menjadi indikator masalah ginjal. Gagal ginjal terjadi ketika ginjal tidak mampu

menyaring kreatinin dengan efisien dari darah.

Dampak Kesehatan Akibat Kadar Ureum dan Kreatinin Berlebih:

- a. Gagal Ginjal Kronis:  
Kadar ureum dan kreatinin yang tinggi sering menjadi tanda adanya gangguan pada fungsi ginjal, seperti pada kasus gagal ginjal kronis.
- b. Hipertensi:  
Kadar ureum yang tinggi dapat berhubungan dengan tekanan darah tinggi (hipertensi).
- c. Dehidrasi atau Overhidrasi:  
Keseimbangan air dalam tubuh dapat terganggu, menyebabkan masalah dehidrasi atau overhidrasi.
- d. Gangguan Jantung:  
Kadar ureum dan kreatinin yang tinggi dapat memberikan beban ekstra pada jantung dan berkontribusi pada masalah kardiovaskular.

Kadar normal ureum dan kreatinin dapat bervariasi tergantung pada faktor seperti usia, jenis kelamin, dan kondisi kesehatan umum. Pengukuran rutin kadar ureum dan kreatinin dalam darah dapat membantu dokter untuk menilai fungsi ginjal dan mengidentifikasi masalah kesehatan yang perlu penanganan lebih lanjut.

Kadar ureum dan kreatinin dalam darah dapat bervariasi tergantung pada beberapa faktor seperti usia, jenis kelamin, dan kondisi Kesehatan. Di bawah ini adalah kisaran nilai normal umum untuk kadar ureum dan kreatinin dalam darah:

Ureum:

Kadar ureum normal biasanya berkisar antara 7 hingga 20 mg/dL (miligram per desiliter).

Kreatinin:

Kadar kreatinin normal dalam darah berkisar antara:

- a. Untuk pria : 0,6 hingga 1,2 mg/dL.
- b. Untuk wanita: 0,5 hingga 1,1 mg/dL.

Nilai normal juga dapat bervariasi di antara laboratorium yang berbeda, dan setiap laboratorium biasanya memberikan rentang nilai referensi yang sesuai. Kadar ureum dan kreatinin yang berada di luar kisaran normal dapat menunjukkan masalah kesehatan, terutama terkait dengan fungsi ginjal. Kadar ureum dan kreatinin yang tinggi dapat menandakan adanya gangguan ginjal atau masalah kesehatan lainnya, sementara kadar yang rendah juga dapat menjadi indikator masalah tertentu. Jika hasil tes darah menunjukkan nilai ureum atau kreatinin di luar kisaran normal, sangat penting untuk berkonsultasi dengan dokter atau profesional kesehatan untuk evaluasi lebih lanjut dan penanganan yang sesuai.

Menurut data tahun 2013 dari Badan Kesehatan Dunia (WHO), 50% penderita gagal ginjal akut dan kronik mendapatkan pengobatan, 25% yang mendapatkan perawatan, dan hanya 12,5% yang mendapatkan perawatan yang baik. Menurut data Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) tahun 2017, ada 2 kasus gagal ginjal per 1.000 orang di Indonesia. Hasil dari *review* sistematis dan meta analisis yang dilakukan oleh Hill *et al.*, (2016) menunjukkan bahwa PGK tersebar di seluruh dunia sebesar 13,4%. Penyakit gagal ginjal kronis (GGK) memerlukan transplantasi ginjal atau hemodialisis (HD) dua atau tiga kali seminggu selama seumur hidup. Jadi penderita GGK sering memilih terapi HD.

Penyakit ginjal adalah kondisi yang memengaruhi fungsi ginjal, dan dapat dipicu oleh faktor-faktor seperti diabetes, tekanan darah tinggi, atau riwayat keluarga dengan penyakit ginjal (Marianti, 2016). Ginjal yang sehat sangat penting untuk menjaga keseimbangan tubuh, dan ketika terpengaruh oleh penyakit, dapat mengakibatkan masalah kesehatan serius. Menurut The Kidney Disease Outcomes Quality Initiative (KDOQI) National Kidney Foundation (2016), penurunan laju filtrasi glomerulus kurang dari 60mL/menit/1,73m<sup>2</sup> selama lebih dari 3 bulan adalah penyebab penyakit GGK. Terapi HD membutuhkan membran, yang merupakan salah satu terapi GGK (Wanten, 2016).

Membran *Zeolite Socony Moble-5* (ZSM-5), membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub>, dan membran selulosa asetat adalah beberapa contoh membran. Setelah proses HD sering menyebabkan infeksi bakteri, zat antibakteri seperti TiO<sub>2</sub> dibutuhkan (Khasanah *et al.*, 2019). Untuk meningkatkan fungsi TiO<sub>2</sub>,

impregnasi dilakukan ke dalam media pendukung seperti ZSM-5. Zeolite Socony Mobile-5, juga dikenal sebagai ZSM-5, memiliki luas permukaan yang besar dengan pori-pori yang sangat kecil. Selain itu, memiliki saluran yang dapat menyaring molekul atau ion kecil (Mukaromah, *et.al.*, 2016b).

Zeolit ZSM-5 memiliki daya adsorpsi karena terletak pada gugus aktif silika alumina ( $\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ). ZSM-5 mempunyai luas permukaan terbatas, maka dapat mengadsorpsi melalui gugus aktif atau luas permukaan yang telah diaktifkan dengan senyawa lain untuk meningkatkan kemampuan adsorpsinya (Munandar, Adsorpsi logam Pb dan Fe dengan zeolit alam yang teraktivasi asam sulfat, 2014). ZSM-5 memiliki dua jenis pori oksigen cincin enam. Jenis pori pertama memiliki pola lurus dan elips, sedangkan jenis pori kedua memiliki pola zig-zag dan melingkar (Petushkov, *et al.*, 2011).

Sodium aluminat, sol silica, NaOH,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , dan tetrapropilammonium bromida dapat digunakan untuk membuat jel cair ZSM-5. Pori zeolit ZSM-5 berukuran  $5,1 \times 5,5^\circ\text{A}$  dan  $5,4 \times 5,6^\circ\text{A}$ , dengan  $n = 27$ . Hipotesisnya adalah bahwa "Membran ZSM-5/ $\text{TiO}_2$  dengan perbandingan 20:1 dan 20:5 berpotensi sebagai filtrasi kadar ureum dan kreatinin pada sampel darah." Ureum dibuat oleh hati dan dikeluarkan melalui urin. Jika ekskresi ginjal terganggu, pengeluaran ureum ke dalam urin terhambat, yang menyebabkan peningkatan kadar ureum dalam darah. Kadar kreatinin dalam serum dipengaruhi oleh besarnya otot, jenis kelamin, dan fungsi ginjal. Kreatinin adalah zat yang dihasilkan oleh otot dan dikeluarkan dari tubuh melalui urin. Dua senyawa kimia, kreatinin dan ureum, dapat berfungsi sebagai petunjuk signifikan dari gangguan fungsi ginjal (Astrid, Arthur, & Maya, 2016).

Selain peritoneal dialisis dan transplantasi ginjal, hemodialisis masih merupakan terapi pengganti ginjal yang paling umum di beberapa negara di dunia, menurut Suharjono (2014). Tindakan medis yang dikenal sebagai hemodialisis memanfaatkan cairan yang menumpuk pada tubuh untuk menggantikan fungsi ginjal yang sudah rusak. Hemodialisis biasanya memerlukan waktu empat hingga lima jam. Dialisis adalah cairan yang membantu mengeluarkan sampah uremik dan berfungsi sebagai pengganti zat tubuh seperti natrium. dan pengalihan ginjal.

Prinsip utama hemodialisis adalah dialisis dan ultrafiltrasi (konveksi). Proses di mana membran semipermeabel mengubah zat terlarut dari satu larutan menjadi larutan lain dikenal sebagai dialisis. Molekul air dan zat terlarut dengan berat molekul rendah dari kedua larutan dapat melewati pori-pori membran dan bercampur, tetapi molekul zat terlarut yang lebih besar tidak dapat melewati barier membran semipermeabel. Difusi dan ultrafiltrasi, juga dikenal sebagai konveksi, terjadi saat membran semipermeabel atau dializer melewati air dan zat terlarut, seperti toksin uremia.

Struktur mikro dengan ukuran pori-pori yang seragam, zeolit dapat digunakan sebagai material membran filtrasi. Jalur difusi kontinu menghubungkan satu sama lain. Zeolit secony mobile-5, ZSM-5, adalah zeolit dengan rasio silika dan alumina antara 10 dan 100. Ini memiliki luas permukaan yang besar dan memiliki saluran yang dapat menyaring ion atau molekul. Salah satu jenis zeolit yang paling selektif, ZSM-5 dapat menyerap ion dari limbah cair dan digunakan dalam terapi HD (Munandar, Didik, & A, 2014).

Titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) adalah semikonduktor yang aktif sebagai fotokatalis. Itu tidak beracun, memiliki stabilitas termal yang baik, dan dapat digunakan berulang kali tanpa kehilangan aktivitasnya (Sriatun dalam Oktarina dkk., 2018). Karena luas permukaannya yang relatif rendah,  $\text{TiO}_2$  harus diimpregnasikan ke dalam media pendukung seperti ZSM-5, gugus aktif silika-alumina ( $\text{SiO}_2\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ ), yang memiliki luas permukaan yang besar dan saluran yang dapat menyaring ion atau molekul untuk menyerap logam berat, terutama kreatinin dan ureum (Mukaromah *et al.*, 2020).

Sebagaimana dilaporkan oleh Setyaningsih *et al.*, (2013), klien yang menjalani hemodialisa dengan serat kosong baru dan serat kosong yang digunakan kembali memiliki kadar ureum dan kreatinin yang berbeda. Menurut Makmur (2013), kadar ureum dan kreatinin terpengaruh oleh hemodialisis; setelah hemodialisis, kadar keduanya turun, tetapi masih cukup tinggi (melebihi batas normal). Penggunaan membran ZSM-5/ $\text{TiO}_2$  untuk mengurangi kadar ureum dan kreatinin dalam darah belum pernah dilakukan. Oleh karena itu, penelitian yang menggunakan variasi perbandingan 20:1 dan 20:5 harus dilakukan.



### Metode:

Bahan yang digunakan adalah sampel darah, kasa kain, natrium aluminat ( $\text{NaAlO}_2$ ) (Merck),  $\text{NaOH}$  50% (Merck), TPABr (Merck), ludox HS-40% (Merck),  $\text{TiO}_2$ (Merck), etanol (Merck), aquades, spuit disposibel, tourniquet, kapas alkohol, hepafix, reagen kit kreatinin, reagen kit ureum. Alat yang digunakan prototype alat hemodialisa, fotometer, Oven, Neraca dan *muffle furnace*.

Prosedur penelitian ini ada 5 tahap:

- Pembuatan Zeolit ZSM-5 (Lihat sintesis ZSM-5 pada suhu rendah halaman 21)
- Pembuatan Prekursor Zeolit ZSM-5/ $\text{TiO}_2$ 

Pembuatan variasi perbandingan 20:1 dengan cara zeolit ZSM-5 sebanyak 20 g dengan 1 g  $\text{TiO}_2$ , dan variasi perbandingan 20:5 dengan cara zeolit ZSM-5 20g dengan 5g  $\text{TiO}_2$  ditimbang dan ditambahkan dengan 20 ml etanol absolut. Campuran diaduk dengan pengaduk magnetik selama 5 jam (Agusty, 2012).
- Pelapisan membran Zeolit ZSM-5/ $\text{TiO}_2$  dengan kasa kain
- Prekursor ZSM-5/ $\text{TiO}_2$  dilapiskan pada kasa kain ukuran 5x3cm menggunakan kuas merata, seperti pada Gambar 8.1.



Prekursor ZSM-5/ $\text{TiO}_2$



Membran ZSM-5/ $\text{TiO}_2$

Gambar 8.1 Pelapisan precursor ZSM-5/ $\text{TiO}_2$  pada kain

- Selanjutnya kasa kain dimasukkan kedalam wadah plastik polipropilen dengan rasio luas permukaan terhadap volume reaktor 1,44 kemudian dioven pada temperatur  $120^\circ\text{C}$  selama 5 jam. Zeolit ZSM-5/ $\text{TiO}_2$  yang dibuat dicuci dengan aquades kemudian dipanaskan pada temperatur  $60^\circ\text{C}$  selama 3 jam (Mukaromah *et.al.*, 2018).

## **Pengambilan Sampel Darah**

Pasien diposisikan duduk dengan telapak tangan menghadap ke atas dan lengannya lurus. Bagian lengan yang akan diambil darahnya, yang dikenal sebagai vena mediana cubiti, dibersihkan dengan kapas alkohol dan dibiarkan kering. Pasien diminta untuk mengepalkan tangannya setelah tourniquet dipasang di dilengan dengan jarak kira-kira 5-10 cm di atas lipatan siku. Saat jarum ditusuk, kulit ditegangkan agar vena tidak bergerak. Jarum dimasukkan dengan lubang menghadap ke atas. Pasien diminta untuk melepaskan kepalan tangan setelah darah masuk ke spuit. Kapas yang diletakkan di atas spuit jarum dilepas secara perlahan setelah spuit telah mengeluarkan cukup darah. Darah dimasukkan ke dalam tabung lithium heparin dengan jarum dan ditutup luka tusukan selama beberapa menit dengan kapas, dan digunakan heparin untuk menutupi luka bekas tusukan.

## **Cara Pembuatan Serum**

Darah dalam tabung vacutainer dicentrifuge selama 10-15 menit dengan kecepatan 3000 rpm. Serum/lapisan jernih berwarna kuning dipisahkan menggunakan pipet kemudian dimasukkan kedalam tabung yang bersih dan diberi label.

## **B. Prosedur Penyaringan Menggunakan Prototype Alat Hemodialisa**

Alat prototipe untuk hemodialisa terdiri dari pompa peristaltik yang terhubung dengan serum darah. Salah satu variasi perbandingan membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> dipasang pada alat di tengahnya. 3 mililiter plasma darah disaring menggunakan membran ini dengan variasi perbandingan 20:1 dan 20:5, kemudian dihubungkan ke selang ke tabung bersih untuk menyimpan serum hasil filtrasinya. Kemudian, dengan menggunakan fotometer, kadar kreatinin dan ureum diperiksa.

Perangkat prototipe untuk hemodialisa terdiri dari pompa peristaltik yang menghubungkannya dengan serum darah, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.2.



Gambar 8.2 Prototype alat hemodialisa  
(Mukaromah, Soraya, & Ariyadi, 2022)

Di bagian tengah detektor terdapat membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> 20:1. Plasma darah 3 mL difiltrasi melalui membran oleh pompa peristaltik dengan kecepatan 25 rpm. Tabung bersih dan selang disambungkan sebagai tempat serum yang dihasilkan dari filtrasi disimpan. Kadar kreatinin dan ureum dalam filtrat diperiksa dengan fotometer. Prosedur ini diulang untuk membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> 20:5 lima kali.

### C. Pemeriksaan Kadar Kreatinin dan Ureum

#### 1) Prosedur Pemeriksaan Kadar Kreatinin

Prosedur pemeriksaan yang digunakan pada penelitian adalah metode kinetik jaffe tanpa deproteinasi. Pemeriksaan dimulai dengan disiapkan 4 tabung blanko, 4 tabung larutan standar, dan 12 tabung sampel bersih dan kering.

Pertama pada pemeriksaan kreatinin menggunakan serum sebelum difiltrasi menggunakan ZSM-5/TiO<sub>2</sub>, membuat monoreagen terlebih dulu dengan perbandingan R1 dan R2 adalah 4:1 dengan perhitungan:

$$R1 = \frac{4}{5} \times 1000 = 800\mu l$$

$$R2 = \frac{1}{5} \times 1000 = 200\mu l$$

R1 dan R2 di campur dan dihomogenkan

	Blanko	Sampel	Standa
Monoreagen	1000µl	1000µl	1000µl
Aquadest	50µl		
Serum		50µl	
Standart			50µl

$\lambda$  : 510nm  
 Standar : 2 mg/dl  
 P : fixed time  
 Suhu : 37°C – 30 detik

## 2) Prosedur Pemeriksaan Kadar Ureum

Pemeriksaan menggunakan metode enzimatik UV test yang digunakan pada penelitian adalah Prosedur pemeriksaan yang digunakan pada penelitian adalah Urease-GLDH.

- Pemeriksaan dimulai dengan disiapkan 4 tabung blanko, 4 tabung larutan standar, dan 12 tabung sampel bersih dan kering.
- Pemeriksaan kadar Ureum menggunakan serum sebelum di filtrasi menggunakan ZSM-5/ TiO<sub>2</sub>.
- Membuat monoreagen terlebih dulu dengan perbandingan R1 dan R2 adalah 4:1.

$$R1 = \frac{4}{5} \times 1000 = 800\mu l$$

$$R2 = \frac{1}{5} \times 1000 = 200\mu l$$

	Blanko	Standart	Sampel
Monoreagen	1000µl	1000µl	1000µl
Serum		10µl	
Aquadest	10µl		
Standart			10µl

$\lambda$  : 340nm  
 P : two point kinetic ( fixed time )  
 Standar : 50mg/dl  
 Suhu : 25°C – 30 detik.

- Larutan di dalam tabung dihomogenkan.
- Pemeriksaan ureum menggunakan sampel serum setelah dilakukan penyaringan menggunakan membrane ZSM-5/TiO<sub>2</sub>

perlakuannya sama seperti pemeriksaan kreatinin sebelum dilakukan penyaringan.

- f. kadar kreatinin diukur pada alat fotometer semi *automatic chemistry analyzer* (Mindray BA 88A) pada Panjang gelombang 340 nm.

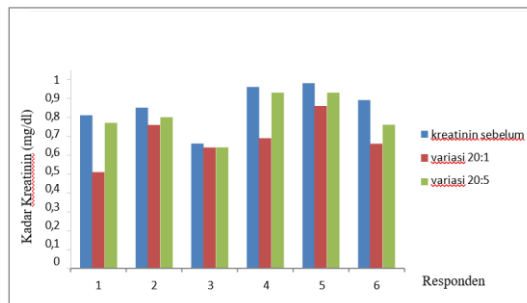
#### D. Analisis Data

Data yang diperoleh dari eksperimen menggunakan perangkat lunak *Statistical Product and Service Solution* (SPSS). Uji normalitas menggunakan *shapiro-wilk* apabila data berdistribusi normal maka dilanjutkan dengan uji *Paired Sampel T-test* dan jika tidak normal menggunakan uji *wilcoxon*.

#### Hasil dan Pembahasan

##### 1) Analisis Deskriptif

Kadar kreatinin sebelum dan sesudah menggunakan membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> 20:1 dan 20:5 disajikan dalam Gambar 8.3.



Gambar 8.3. Diagram kadar kreatinin pada berbagai perlakuan sampel (Mukaromah, Soraya, & Ariyadi, 2022)

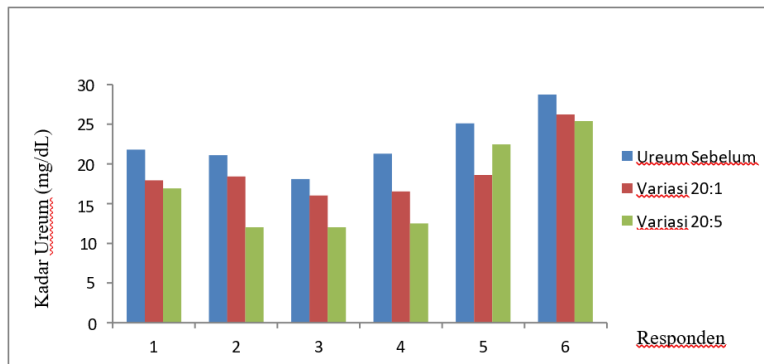
Gambar 8.3 menunjukkan bahwa kadar kreatinin semua responden setelah penyaringan menggunakan membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> baik perbandingan massa 20:1 dan 20:5 kadar kreatininnya mengalami penurunan. Membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> 20:1 dapat menurunkan kadar kreatinin lebih tinggi daripada 20:5. Selanjutnya Distribusi Kadar Kreatinin filtrasi variasi membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> 20:1 dan 20:5 disajikan pada Tabel 8.1.

Tabel 8.1 Distribusi Kadar Kreatinin filtrasi variasi membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> 20:1 dan 20:5

Perlakuan	Kadar Kreatinin (mg/dL)		
	Kadar Minimal	Kadar Maksimal	Rata-rata
Sebelum penyaringan	0,66	0,96	0,86
Membran ZSM-5/TiO <sub>2</sub> 20:1	0,51	0,86	0,69
Membran ZSM-5/TiO <sub>2</sub> 20:5	0,64	0,93	0,81

Tabel 8.1 menunjukkan hasil analisis deskriptif kadar kreatinin filtrasi membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> 20:1 dan 20:5, rata-rata kadar kreatinin mengalami penurunan berturut-turut sebesar 23,26% dan 5,82%.

Kadar Ureum menggunakan Membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> variasi perbandingan 20:1 dan 20:5 diperoleh dan dianalisis secara deskriptif dan disajikan dalam Tabel 8.2 dan Gambar 8.4.



Gambar 8.4 Diagram Kadar Ureum menggunakan membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> 20:1 dan 20:5  
(Mukaromah, Soraya, & Ariyadi, 2022)

Gambar 8.4 menunjukkan bahwa kadar ureum semua responden setelah penyaringan menggunakan membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> 20:1 dan 20:5, kadar ureumnya mengalami penurunan. Membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub>

20:5 dapat menurunkan kadar ureum lebih tinggi daripada membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> 20:1.

Tabel 8.2 Distribusi Kadar Ureum filtrasi variasi membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> 20:1 dan 20:5.

Perlakuan	Kadar Ureum (mg/dL)		
	Kadar Minimal	Kadar Maksimal	Rata-rata
Sebelum penyaringan Membran	18,10	28,74	22,70
ZSM-5/TiO <sub>2</sub> 20:1	16,00	26,20	18,93
Membran ZSM-5/TiO <sub>2</sub> 20:5	12,00	25,40	16,88

Berdasarkan data Tabel 8.2 hasil analisis deskriptif, rata-rata kadar ureum pada sampel setelah penyaringan menggunakan membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> 20:1 mengalami penurunan sebesar 16,61% sedangkan kadar ureum pada sampel setelah penyaringan menggunakan membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> variasi 20:5 mengalami penurunan sebesar 25,64%.

## 2) Analisis Statistik

Analisis statistik digunakan uji *paired t test* karena hasil uji normalitas kadar kreatinin sebelum dan sesudah penyaringan variasi 20:1 dan variasi 20:5 berdistribusi normal. Hasil uji *paired* sampel t test pada kreatinin 20:1 didapatkan nilai p sebesar 0,013, sedangkan pada kreatinin 20:5 didapatkan nilai p sebesar 0,021 ( $p < 0,05$ ) sehingga dinyatakan terdapat perbedaan yang signifikan antara kadar kreatinin sebelum dan sesudah penyaringan variasi 20:1 dan variasi 20:5. Hasil uji normalitas kadar kreatinin sebelum dan sesudah penyaringan variasi 20:5 berdistribusi normal sehingga uji banding yang digunakan adalah uji *paired* sampel t test dan didapatkan nilai p sebesar 0,003 sehingga dinyatakan terdapat perbedaan antara kadar ureum sebelum dan sesudah penyaringan menggunakan variasi 20:5. Uji *wilcoxon* digunakan karena hasil uji normalitas kadar ureum setelah penyaringan menggunakan variasi 20:1 tidak berdistribusi normal.

Hasil uji *wilcoxon* diketahui nilai  $p$  sebesar 0,028 ( $p < 0,005$ ) sehingga dinyatakan terdapat perbedaan bermakna antara kadar ureum sebelum dan sesudah penyaringan menggunakan perbandingan 20:1.

Perbandingan kadar ureum dan kreatinin menggunakan membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> 20:1 dan membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> 20:5 pada 6 sampel serum dengan pemeriksaan kadar kreatinin dan ureum sebelum dan sesudah penyaringan menggunakan membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> 20:1 dan 20:5. Hasil pengukuran pada sampel kreatinin sebelum dilakukan penyaringan diperoleh rata-rata 0,85 mg/dl dan sampel ureum diperoleh rata-rata 22,6 mg/dl. Setelah dilakukan penyaringan menggunakan membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> 20:1 kadar kreatinin rata-rata 0,69 mg/dl (penurunan 23,26%), sedangkan dengan membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> 20:5 kadar kreatinin menjadi 0,81 mg/dl (penurunan 5,82%). Kadar ureum setelah penyaringan menggunakan membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> 20:1 adalah 18,93 mg/dl (penurunan 16,61%), sedangkan dengan membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> variasi 20:5 16,88 mg/dl (penurunan 25,64%).

Berdasarkan uji statistik, persentase penurunan tertinggi didapatkan pada hasil pemeriksaan kadar kreatinin yang telah dilakukan penyaringan menggunakan membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> 20:1 diperoleh nilai  $p$  sebesar 0,013 ( $p < 0,005$ ), sedangkan untuk ureum persentase penurunan tertinggi pada penyaringan menggunakan membran 20:5, didapatkan nilai  $p$  sebesar 0,003 ( $p < 0,005$ ).

Nilai yang rendah bahkan normal pada hasil pemeriksaan kadar ureum maupun kreatinin pasca penyaringan menggunakan membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> perbandingan 20:1 dan 20:5 disebabkan kain yang digunakan memiliki jarak kerapatan dan jarak antar lubang yang kecil sehingga prekursor zeolit ZSM-5/TiO<sub>2</sub> yang menempel pada permukaan lubang kasa sangat banyak sehingga serum darah yang mengandung molekul kreatinin dan ureum diabsorpsi paling tinggi saat melewati membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> baik 20:1 dan 20:5.

Zeolit ZSM-5 mempunyai gugus aktif yaitu silika alumina (SiO<sub>2</sub>.Al<sub>2</sub>O) dan mempunyai luas permukaan 5,1 x 5,5 Å dan 5,4 x 5,6 Å yang menghubungkan satu saluran langsung ke saluran lain



sehingga menyebabkan zeolit memiliki daya adsorpsi untuk mengadsorpsi ion dan molekul (Nurropiah dkk., 2015) dan ureum dan kreatinin. TiO<sub>2</sub> tidak larut dalam air, harganya ekonomis, tidak beracun dan memiliki daya serap yang tinggi karena TiO<sub>2</sub> mempunyai energi band gap (Eg) yang cukup tinggi yaitu jenis rutilite sebesar 3,0 eV dan jenis anatase sebesar 3,2 eV (Mukaromah *et al.*, 2020). Penggunaan ZSM-5 yang terimpregnasi TiO<sub>2</sub> sudah terbukti mampu mengurangi konsentrasi ion Cu(II) dan Cr(VI) dalam air dan dapat menurunkan kadar kreatinin dan ureum dalam serum darah.

Hasil uji *paired* sampel t test pada kreatinin 20:1 didapatkan nilai p sebesar 0,013, sedangkan pada kreatinin 20:5 didapatkan nilai p sebesar 0,021 ( $p < 0,05$ ) sehingga dinyatakan terdapat perbedaan yang signifikan antara kadar kreatinin sebelum dan sesudah penyaringan dengan membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> 20:1 dan 20:5.

Hasil uji normalitas kadar ureum sebelum dan sesudah penyaringan variasi 20:5 berdistribusi normal sehingga uji banding yang digunakan adalah uji *paired* sampel t test dan didapatkan nilai p sebesar 0,003 sehingga dinyatakan terdapat perbedaan antara kadar ureum sebelum dan sesudah penyaringan menggunakan variasi 20:5. Uji *wilcoxon* digunakan karena hasil uji normalitas kadar ureum setelah penyaringan menggunakan variasi 20:1 tidak berdistribusi normal. Hasil uji *wilcoxon* diketahui nilai p sebesar 0,028 ( $p < 0,005$ ) sehingga dinyatakan terdapat perbedaan bermakna antara kadar ureum sebelum dan sesudah penyaringan menggunakan perbandingan 20:1. Hasil analisis SPSS, Zeolit ZSM-5 terimpregnasi TiO<sub>2</sub> berpotensi menurunkan kadar kreatinin dan ureum dalam sampel serum.

Hal ini didukung juga oleh penelitian Makmur (2013) bahwa terdapat pengaruh hemodialisis terhadap kadar ureum dan kreatinin darah pada pasien gagal ginjal kronik yang menjalani hemodialisis di RSUP dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar dengan menggunakan mesin yang dilengkapi dengan membran penyaring semipermeabel (ginjal buatan). Penelitian ini juga didukung oleh Syuryani dkk., (2021) bahwa terdapat perbedaan yang signifikan terhadap perubahan kadar ureum sebelum dan sesudah cuci darah dengan Hasil uji statistik didapatkan nilai  $p = 0,000 > 0,05$ .

Kadar kreatinin rata-rata pada sampel serum awal 0,86 mg/dl dan setelah penyaringan dengan membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> 20:1 dan 20:5 berturut-turut 0,69mg/dl (penurunan 23,26%) dan 0,81mg/dl (penurunan 5,82%). Kadar ureum rata-rata pada sampel serum awal 22,70 mg/dL dan setelah penyaringan dengan membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> 20:1 dan 20:5 berturut-turut 18,93mg/dL (penurunan 16,61%), dan 16,88mg/dL (penurunan 25,64%). Membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> dengan perbandingan massa ZSM-5 dan TiO<sub>2</sub> 20:1 dan 20:5 berpotensi sebagai filtrasi kadar ureum dan kreatinin pada sampel darah.

## **BAB 9.**

### **PENURUNAN GAS KARBON MONOKSIDA**

Menurut data terbaru dari The Tobacco Atlas pada tahun 2015, Indonesia adalah negara dengan jumlah perokok pria terbesar di dunia, dengan 66% pria merokok (Kompas, 2016). Suurvey Global Adults Tobacco (GATS) 2011 menunjukkan prevalensi merokok di Indonesia sebesar 34,8%, dengan 67% laki-laki (Depkes, 2016). Oleh karena itu, jumlah orang yang merokok di Indonesia perlu mendapatkan perhatian yang serius. Ada sekitar 400 ppm gas karbon monoksida (CO) dalam asap rokok, yang menjadikannya sumber polusi CO bagi perokok aktif dan pasif. Ini memiliki efek negatif pada kesehatan karena dapat mengubah oksigen yang terikat pada hemoglobin dan mengikat Hb menjadi Hb-CO, menurut penelitian.

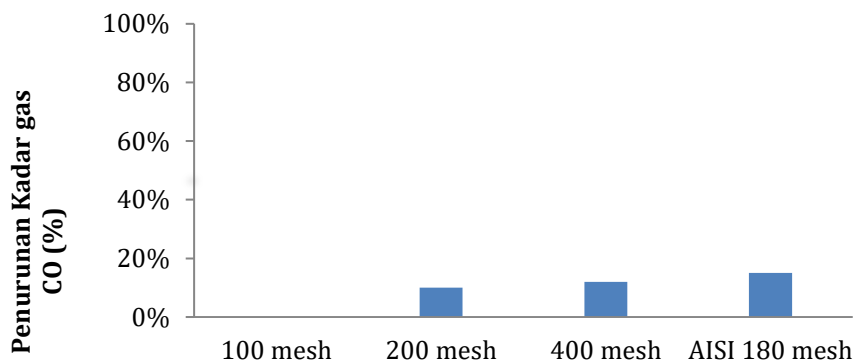
Menurut Ganong (2008), bersifat tidak berwarna dan tidak berbau dan dihasilkan dari pembakaran yang tidak sempurna dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau pembakaran di bawah tekanan dan temperatur tinggi seperti yang terjadi di dalam mesin. Menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No. 13/MEN/X/2011, ambang batas faktor fisika dan kimia di tempat kerja adalah 25 BDS, atau 29 mg/m<sup>3</sup>. Menurut Anggraeni (2009), gas karbon dioksida memiliki afinitas terhadap tubuh 250 hingga 300 kali lebih kuat daripada oksigen. Akibatnya, ikatan karboksi hemoglobin akan menghambat pasokan oksigen ke jaringan tubuh. Jantung sangat rentan terhadap keracunan karbon dioksida. Oleh karena itu, kadar gas CO yang berasal dari asap rokok di ruangan yang digunakan untuk merokok harus dikurangi.

Arang aktif, zeolit alami dan sintetis, seperti membran zeolit ZSM-5, digunakan untuk mengurangi gas CO. Membran ini terdiri dari kasa baja tahan karat yang terlapis oleh zeolit ZSM-5. Stainless steel banyak digunakan sebagai penyangga karena tahan korosi, mudah dirawat, dan memiliki kekuatan mekanik yang sangat tinggi (Shan dkk., 2004; Tatlier dan Elnekave, 2005). Untuk mengetahui seberapa efektif membran zeolit ZSM-5, ukuran dan waktu kontak harus dilakukan. Penelitian Mukaromah (2016) menunjukkan bahwa sintesis membran zeolit ZSM-5 dengan

ukuran 3 x 3 cm pada wadah polipropilen dengan rasio luas permukaan terhadap volume wadah 1,44 dapat menurunkan kadar gas CO pada gas buang dari 0,2% menjadi 0,01% selama sepuluh menit.

#### A. Penurunan Gas Karbon Monoksida Di Dalam Ruangan Berdasarkan Variasi jenis Kasa

Utami, Saputri, Mukaromah, dan Yusrin (2017) telah melakukan penurunan konsentrasi Gas CO di dalam ruangan dengan membran ZSM-5, diawali dengan gas CO pada asap rokok dialirkan kedalam ruang dengan kapasitas 8 liter selama 3 menit kedalam ruang tertutup yang berukuran 18 liter. Kadar gas CO awal diukur dengan menggunakan CO meter, selanjutnya membran zeolit ZSM-5 berukuran 3x3 cm<sup>2</sup> yang sudah diketahui massanya dimasukkan ke dalam ruang tertutup selama waktu kontak 10 menit kemudian kadar gas CO akhir dicatat. Hasil data pemeriksaan penurunan kadar gas CO dengan variasi jenis ukuran kasa tertera pada Gambar 9.1.



Gambar 9.1 Grafik penurunan kadar gas CO (%) terhadap variasi jenis dan ukuran kasa.

(Saputri, Mukaromah, & Yusrin, 2017, Utami, Mukaromah, and Yusrin Y. 2017).

Gambar 9.1 menunjukkan persentase penurunan kadar gas CO dengan lama waktu kontak 10 menit didapatkan hasil jenis kasa AISI 316 ukuran 180 mesh mengalami penurunan gas CO tertinggi yaitu 15,07±1,05 %. Setelah pengukuran kadar gas CO, diukur kapasitas adsorpsi membran

zeolit ZSM-5 pada variasi jenis ukuran kasa yang tertera pada Tabel 9.1. Tabel 9.1 Kapasitas adsorpsi membran zeolit ZSM-5 berdasarkan variasi jenis dan ukuran kasa *stainless steel* (mg/g) Terhadap Penurunan Gas CO di dalam Ruangan

Pengulangan	Kasa 304 100 mesh	Kasa 304 200 mesh	Kasa 304 400 mesh	Kasa AISI 316 180 mesh
1.	-	8.357,871	72.794,12	76.764,71
2.	-	5.654,450	80.787,40	79.615,38
3.	-	8.057,296	79.322,03	96.428,57
4.	-	9.313,836	82.831,86	58.026,32
5.	-	8.852,459	82.877,70	86.762,59
6.	-	7.031,250	87.272,73	97.226,28
Rata-Rata	-	8.322,54 ± 530	79.722± 2.931,64	87.359,51 ± 6.702

Tabel 9.1 menunjukkan kapasitas adsorpsi kasa jenis AISI 316 ukuran 180 mesh lebih besar diantara kasa 304, 200 mesh dan 304, 400 mesh. Berdasarkan pertimbangan dari jenis kasa 304 dan jenis kasa AISI 316 sehingga dipilih kapasitas terbesar yaitu kasa AISI 316 ukuran 180 mesh. Hasil perbandingan rata-rata penurunan kadar gas CO dan kapasitas adsorpsi tertera pada Tabel 9.2

Tabel 9.2 Perbandingan rata-rata penurunan kadar gas CO dan kapasitas adsorpsi membran zeolit ZSM-5

Kasa <i>Stainless Steel</i>	Rata-Rata Penurunan Kadar Gas CO (%)	Kapasitas Adsorpsi Membran Zeolit ZSM-5 (mg/g)
304, 100 mesh	-	-
304, 200 mesh	10,07 ± 0,38	8.322± 530
304, 400 mesh	12,10± 0,63	79.722 ± 2.931
AISI 316, 180 mesh	15,07 ± 1,05	87.359 ± 6.702

(Saputri, Mukaromah, & Yusrin, 2017; Utami, Mukaromah, and Yusrin Y. 2017)

Tabel 9.2 menunjukkan bahwa rata-rata kapasitas adsorpsi kasa AISI 316, 180 mesh lebih besar dibanding kasa jenis 304 dan rata-rata penurunan kadar gas CO kasa *SS* AISI 316 lebih banyak diantara kasa jenis 304 mesh. Kapasitas adsorpsi membran zeolit ZSM-5 dipengaruhi oleh berat membran. Adanya perbedaan mesh antara bahan kasa *stainless steel* dan zeolit dapat membuat membran zeolit tumbuh dengan baik di atas

permukaan kasa *stainless steel*. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dan didukung dengan penelitian-terdahulu oleh Murniati (2012), bahwa kasa *stainless steel* AISI 316 lebih baik dari tipe 304, karena AISI mengandung unsur krom minimal 10,5%, sehingga ketahanan terhadap korosi lebih meningkat dengan membentuk film oksida krom ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) berupa (*protective layer*) lapisan tipis yang dapat melindungi diri.

## **B. Penurunan Gas Karbon Monoksida Di Dalam Ruangan Berdasarkan Variasi jenis Kasa dan Ukuran Kasa**

Azizah, Mukaromah dan Wardoyo (2017) telah melakukan penurunan kadar gas CO dilakukan dengan memasukkan sebatang rokok ke dalam kotak uji dengan pangkal rokok berada diluar kotak uji, setelah itu rokok dinyalakan selama 5 menit dengan cara dihisap dengan injeksi spuit. Konsentrasi gas CO diukur dengan CO meter dan dicatat sebagai kadar gas CO awal. Membran zeolit ZSM-5 dengan ukuran 1 x 1 cm dimasukkan dengan posisi horizontal kedalam kotak uji (volume kotak 18.000  $\text{cm}^3$ ) selama 5 menit dan kadar gas CO akhir diukur kembali dengan CO meter. Prosedur tersebut diulang 3 kali, dan diulang juga untuk variasi ukuran membran 2x2 cm, 3x3 cm, 4x4 cm, 5x5 cm, dan variasi waktu 10, 20, dan 30 menit. Data penurunan gas CO tersaji pada Tabel 9.3.



Gambar 9.2. CO meter Lutron CO800 (a), Kotak uji volume 18.000  $\text{cm}^3$  (b), sampel rokok (c), spuit (d) (sumber : dokumen pribadi)

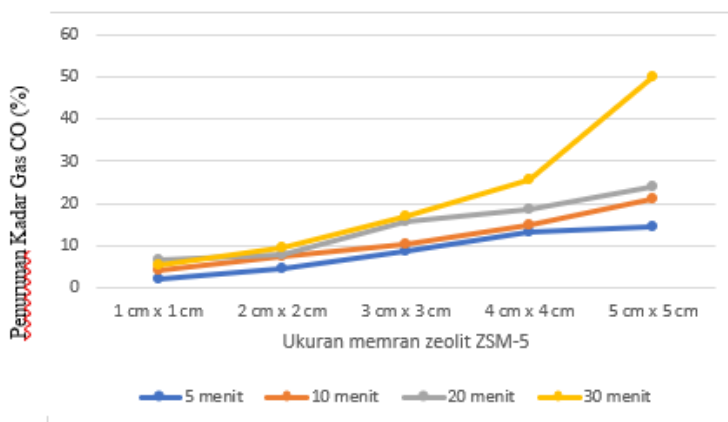
(Saputri, Mukaromah, & Yusrin, 2017; Utami, Mukaromah, and Yusrin Y. 2017)

Tabel 9.3 Penurunan Kadar gas CO dengan variasi ukuran membran ZSM-5 dan waktu kontak

Ukuran membran	Waktu Kontak (menit)	Penurunan kadar Gas CO (ppm)		
		Kadar gas CO awal (ppm)	Kadar gas CO akhir (ppm)	Penurunan kadar gas CO (ppm)
1 cm x 1 cm	5	319	313	6
	10	417	401	16
	20	445	416	29
	30	415	383	32
2 cm x 2 cm	5	495	472	23
	10	445	415	30
	20	407	375	32
	30	417	377	40
3 cm x 3 cm	5	415	380	35
	10	416	373	43
	20	349	297	52
	30	400	333	67
4 cm x 4 cm	5	342	297	45
	10	448	383	65
	20	504	413	91
	30	450	336	114
5 cm x 5 cm	5	530	454	76
	10	465	368	97
	20	530	404	126
	30	375	224	186

(Saputri, Mukaromah, & Yusrin, 2017; Utami, Mukaromah, and Yusrin Y. 2017)

Persentase penurunan kadar gas CO dengan variasi ukuran membran zeolit ZSM-5 dan variasi waktu kontak gas CO adalah ditampilkan pada Gambar 9.3.



Gambar 9.3 Persentase penurunan kadar Gas CO dengan variasi ukuran membran ZSM-5 dan waktu kontak.

(Saputri, Mukaromah, & Yusrin, 2017; Utami, Mukaromah, and Yusrin Y. 2017)

Tabel 9.3 dan Gambar 9.3 dapat terlihat bahwa semakin besar ukuran dan semakin lama waktu kontak membran terhadap gas CO maka penurunan semakin banyak. Dari Gambar 7 dapat dilihat variasi ukuran membran 5 x 5 cm dengan waktu kontak 30 menit dapat menurunkan gas CO dari 375 ppm menjadi 224 ppm, dengan persentase 49.9%. Penurunan kadar gas CO dengan variasi ukuran membran 1 x 1 cm dan 2 x 2 cm dalam waktu kontak 5 menit bisa dilihat perbedaan penurunan kadar gas CO yang signifikan, yaitu 1.96 % dan 4.76%. Hal ini sesuai dengan teori Reynold (1982) yang mengatakan bahwa adsorpsi sangat bergantung pada luas permukaan yang diadsorpsi. Makin besar ukuran membran maka semakin besar daya adsorpsi sehingga semakin besar tingkat efisiensi adsorpsi tersebut. Penurunan kadar gas CO dengan variasi waktu kontak pada Gambar 9.3 menunjukkan semakin lama waktu kontak membran dengan gas CO maka penurunan semakin besar. Dengan waktu kontak membran zeolit ZSM-5 terhadap gas CO lebih lama, maka kemampuan membran untuk dapat menyerap gas CO lebih tinggi.

Hasil penurunan kadar sesuai karena membran ZSM-5 adalah suatu membran kasa baja AlSi yang dilapisi zeolit ZSM-5 yang tersusun dari silika ( $\text{SiO}_4$ ) dan alumina ( $\text{AlO}_4$ ) dengan rongga-rongga didalamnya berisi ion-ion logam alkali, alkali tanah dan molekul air (Harsodo, 1990). Adanya rongga pada membran zeolit ZSM-5 tersebut mampu menangkap gas CO. Makin besar luas permukaan dan waktu kontak membran zeolit ZSM-5 maka rongga makin banyak sehingga bisa menangkap gas CO lebih baik. Keterbatasan dalam penelitian ini yaitu kadar CO awal yang berbeda pada setiap perlakuan dan kotak uji dari kayu sehingga memungkinkan berkurangnya gas CO.

### **C. Penurunan Gas CO dari Knalpot Kendaraan Bermotor**

Amaliyah, Mukaromah, dan Sitomurti (2019) telah melakukan pengukuran kadar gas CO awal dilakukan pada saat mesin motor dihidupkan dengan kecepatan 1500 rpm selama 3 menit sehingga mesin dalam keadaan stabil. Pengukuran kadar gas CO akhir diperoleh dari pemasangan membran ZSM-5 berdasarkan variasi jenis kasa sebagai penyangga pada manifold gas buang kendaraan bermotor selama 10, 20, dan 30 menit. Alat yang digunakan pengukuran kadar gas CO adalah *Gas*

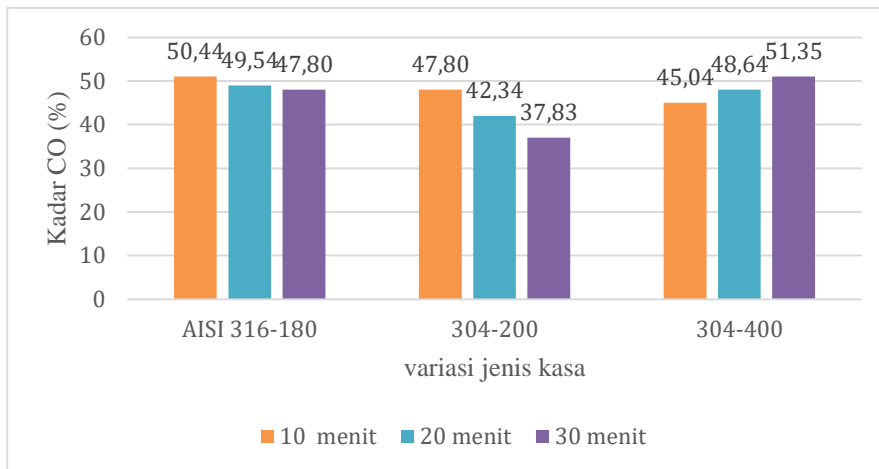


*Emission Analyzer*. Data penurunan kadar gas CO dengan variasi jenis ukuran kasa dan waktu kontak tertera pada Tabel 9.4 dan persentase penurunan gas CO pada Gambar 9.4.

Tabel 9.4 Data Penurunan kadar gas CO dengan variasi jenis kasa dan waktu kontak

Jenis kasa	Waktu kontak (menit)	pengulangan	Kadar gas CO (%)		Penurunan gas CO	Rata-rata persentase penurunan gas CO (%)
			Awal	Setelah melewati membran ZSM-5		
AISI 316-180 mesh	10	1	0,37	0,18	0,19	50,44
		2	0,37	0,19	0,18	
		3	0,37	0,18	0,19	
	20	1	0,37	0,19	0,18	49,54
		2	0,37	0,19	0,18	
		3	0,37	0,18	0,19	
30	1	0,37	0,20	0,17	47,80	
	2	0,37	0,20	0,17		
	3	0,37	0,18	0,19		
304-200 mesh	10	1	0,37	0,20	0,17	47,80
		2	0,37	0,20	0,17	
		3	0,37	0,18	0,19	
	20	1	0,37	0,22	0,15	42,34
		2	0,37	0,22	0,15	
		3	0,37	0,20	0,17	
30	1	0,37	0,23	0,14	37,83	
	2	0,37	0,23	0,14		
	3	0,37	0,23	0,14		
304-400 mesh	10	1	0,37	0,21	0,16	45,04
		2	0,37	0,20	0,17	
		3	0,37	0,20	0,17	
	20	1	0,37	0,19	0,18	48,64
		2	0,37	0,19	0,18	
		3	0,37	0,19	0,18	
30	1	0,37	0,18	0,19	51,35	
	2	0,37	0,18	0,19		
	3	0,37	0,18	0,19		

(Amaliyah, Mukaromah, dan Sitomurti, 2019)



Gambar 9.4 Persentase Penurunan Kadar Gas CO Berdasarkan Variasi Jenis Kasa Dan Waktu Kontak  
(Amaliyah, Mukaromah, dan Sitomurti, 2019)

Tabel 9.4 dan Gambar 9.4 menunjukkan persentase penurunan kadar gas CO pada emisi gas buang kendaraan bermotor yang telah dilewatkan pada membran ZSM-5 dengan berbagai jenis kasa 316-180, 304-200, 304-400, dan waktu kontak 10, 20, dan 30 menit. Dengan waktu kontak membran yang lebih lama, penyangga kasa 316-180 dan 304-200 menunjukkan kadar CO yang lebih rendah, sedangkan penyangga kasa 304-400 menunjukkan kadar CO yang lebih tinggi. Membran ZSM-5 memiliki persentase penurunan gas CO tertinggi.

Penggunaan kasa jenis 304-400 mesh pada penyangga membran zeolit ZSM-5 menurunkan kadar gas CO pada emisi gas buang kendaraan bermotor dengan lebih baik. Ini karena, dibandingkan dengan penyangga kasa 316-180 dan 304-200, ukuran mesh 1 inch (2,54 cm×2,54 cm) memiliki 400 lubang, yang berarti jarak antar lubang lebih kecil, yang memungkinkan prekursor ZSM-5 menempel lebih kuat pada permukaan lubang kasa. Kasa AISI-180 dan 304 memiliki jenis membran yang berbeda. Membran AISI 316-180 menurunkan kadar gas CO lebih baik daripada membran 304-200, karena memiliki lebih banyak nikel daripada kasa 304-200. Penggunaan PVA 10% bertujuan untuk meningkatkan perlekatan membran ZSM-5 pada kasa penyangga yang memberi hasil

rekat membran ZSM-5 yang lebih tinggi daripada kasa membran tanpa bahan tambahan perekat.

## REFERENSI

- Abja, R., Mukaromah, A.H. & Wardoyo, F.A. (2020). Penurunan Kadar Nitrit dalam Air Menggunakan Arang Aktif Biji Kelor. *Jurnal Eksergi*, 17(1), 28–32.
- Amaliyah, F.N, Mukaromah, A.H., Sitomurti, D.H. (2019). Persentase Penurunan Kadar Gas Karbon Monoksida dengan Membran Zeolit ZSM-5 secara *Coating* Berdasarkan Variasi Jenis Kasa dan Waktu Kontak, *Prosiding Mahasiswa Seminar Nasional*, 2, 257-261.
- Aditya, Y. S. (2021). Analisis Kadar Air Dan Kadar Abu Pada Tepung Buah Sirsak Gunung (*Annona montana Macf.*) Doctoral dissertation, Akademi Analis Farmasi dan Makanan Putra Indonesia Malang.
- Agusty, IP. 2012. Use of TiO<sub>2</sub> Impregnated Zeolites to Degrade Congo Red Dyes Doctoral Dissertation Universitas Airlangga
- Alfiani Y, Mukaromah AH, Sulistyaningtyas AR. (2018). Photodegradarion of Cr(VI) In Various Concentration of ZSM-5 Impregnated TiO<sub>2</sub>. Proceeding Seminar Nasional Edusainstek FMIPA UNIMUS 2018, 84-92. <https://jurnal.unimus.ac.id/index.php/psn12012010/article/view/4242>
- Alfonso, A. A., Mongan, A. E., & Memah, M. F. (2016). Gambaran Kadar Kreatinin Serum Pada Pasien Penyakit Ginjal Kronik Stadium 5 Non Dialisis. *Jurnal e-biomedik*, 4(1): 178-183.
- Ali I, Hassan A, Shabaan S, El-Nasser K. (2017). Synthesis and characterization of composite catalysts Cr/ZSM-5 and their effects toward photocatalytic degradation of p-nitrophenol. *Arabian Journal of Chemistry* 10 S2106-S2114
- Assyifa, IR, Mukaromah, AH. (2019). Penurunan Kadar Ion Cu (II) Dalam Air Menggunakan Membran ZSM5/TIO<sub>2</sub> yang

- Disintesis dengan Variasi Kasa dan Waktu Penyinaran UV  
Decrease Prosiding Seminar Mahasiswa Unimus 2, 88-94.
- Atikasari, Y., Sari, D.P., Mukaromah, A.H. and Wardoyo, F.A. (2022). Perbandingan Efektivitas Penggunaan Serbuk Biji Kelor/TiO<sub>2</sub> Dan Arang Aktif Biji Kelor/TiO<sub>2</sub> Terhadap Penurunan Kadar Mn (Ii) Dalam Air. In *Prosiding Seminar Nasional Unimus* (Vol. 5).
- Azizah, I.H, Mindhumalid T., Mukaromah, A.H. (2016). The Strategy of Adsorption of Carbon Monoxide (CO) on ZSM-5 Membrane In Smoking Area. *J El-Hayah*, 6(2), 41-44.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. 1995. SNI 06-3730-1995. Syarat mutu dan Pengujian Arang Aktif.
- Barrier, R. M., Hinds, L., dan White, E. A. (1953): The hydrothermal chemistry of silicates. Part III. Reactions of analcite and leucite. *Journal of the Chemical Society*, 1466-1475.
- Bonaccorsi, L. dan Proverbio, E. (2003). *Microwave assisted crystallization of zeolite A from dense gels*, *Journal Crystal Growth*, 247, 555-562.
- Byrappa, K. (1992). *Hydrothermal Growth of Crystals*. Pergamon Press, Oxford, UK.
- Cejka, J,H, Bekkum, V. (2005). *Zeolite and Ordered Mesoporous Materials : Progress and Prospect*, Czech republic: The 1<sup>st</sup> FEZA School on Zeolites, Pague Studies in Surface Science and Catalysis, Volume 157.
- Cundy, C. S., dan Cox, P. A. (2003). The hydrothermal synthesis of zeolites: History and development from the earliest days to the present time. *Journal Chemical Reviews*, 103. 663-702.
- Denny, P. J. (1961). Hydrothermal chemistry of the silicates. Part IX. Nitrogenous
- Departemen Kesehatan RI. (2010). Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492/MenKes/Per/IV/ Persyaratan Kualitas Air Minum.

- Chasanah U, Mukaromah, AH. (2019). Penurunan Kadar Ion Cr (VI) Dalam Air Menggunakan Membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> yang Disintesis Dengan Variasi Kasa dan Waktu Penyinaran UV. *Prosiding Seminar Mahasiswa Unimus 2*, 52-58.
- Departemen Kesehatan RI. (2010). Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492/MenKes/Per/IV/ Persyaratan Kualitas Air Minum
- Dewi, R., Azhari, A., & Nofriadi, I. (2021). Aktivasi karbon dari kulit pinang dengan menggunakan aktivator kimia KOH. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 9(2), 12-22.
- Dur, S. (2018). Utilization Of Zeolits For Water Filing. *Jurnal Matematika dan Terapan*, 4(2): 45-55. <https://jurnal.uinsu.ac.id/index.php/zero/article/download/3182/1901>
- Faridah, F., Mukaromah, A.H, Sulistyaningtyas, A.R. (2018). Photocatalytic Degradation Cr(VI) By ZSM-5 Impregnated TiO<sub>2</sub> In Various UV-Irradiation Time. *Proceeding of the National Seminar Edusainstech Unimus* (6 October 2018), 47-53
- Fauzi, W. A., Simpen, I. N. & W.Sudiarta, I. (2017). Sintesis Dan Karakterisasi Zeolit-TiO<sub>2</sub> Serta Pemanfaatannya Sebagai Fotokatalis Untuk Degradasi Rhodamin B. *Jurnal Kimia (Journal of Chemistry)*, 13 (1), Januari 2019, 74–81
- Fyfe, C.A., Darton, R.J., Mowatt, H, dan Lin, Z,S, 2011, ‘Efficient, low-cost, minimal reagent syntheses of highsilica zeolites using extremely dense gels below 100°C, *Journal of Microporous and Mesoporous Material*, 144, 56-57.
- Gao Y, Chen M, Zhang T, dan Zhen g X, 2011, ‘A novel method for the growth of ZSM-5 zeolite membrane on the surface stainless steel’, *Journal of Material letter*, 65. 2789-2792.
- Hamdan, H. (1992): Introduction to Zeolites: Synthesis, Characterization , and Modification. Malaysia: Universitas Teknologi.

- Hill, N.R., Fatoba, S.T., Oke, J.L., Hirst, J.A., O'Callaghan, C.A., Lasserson, D.S. and Hobbs, F.R. (2016). Global prevalence of chronic kidney disease—a systematic review and meta-analysis. *PloS one*, 11(7), p.e0158765.
- Holmbergh, B. (2008). *Stainless Steels: Their properties and suitability to welding*, Avesta Polarit, Sweden, 4(2), 52-56.
- Huang C, Wang Y, Li X, Ren L, Zhao J, Hu Y, et al. (2020). Clinical features of patients infected with novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet*, 95(10223), 497-506.
- Indrasari, D. N. (2015). Perbedaan Kadar Ureum dan Kreatinin Pada Pasien Gagal Ginjal Kronik Berdasarkan Lama Menjalani Terapi Hemodialisa di RS PKU Muhammadiyah Yogyakarta. Skripsi. Fakultas Ilmu Keperawatan dan Kesehatan Sekolah Tinggi ilmu kesehatan 'Aisyiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Ismania EZ, Mukaromah AH, Ethica SN. (2018). Pemanfaatan Zeolit ZSM-5 Terimpregnasi TiO<sub>2</sub> Untuk Menurunkan Kadar Ion Cu (II) dengan Variasi Waktu Penyinaran UV dalam Air. *Prosiding Nasional Seminar Unimus*. 1(1). 204-211
- Iwuozor K.O., Ighalo J.O., Emenike E. C., Ogunfowora L. A., Igwegbe C. A. (2021). Adsorption of methyl orange: A review on adsorbent performance. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry* 4, 100179
- Jamilatun, S., & Setyawan, M. (2014). Pembuatan arang aktif dari tempurung kelapa dan aplikasinya untuk penjernihan asap cair. *Spektrum Industri*, 12(1), 1-112.
- Joshi, K.M., Shirivastva, V. S. (2010). Removal of Hazardous Textile dyes From Aqueous Solution by Using Commercial Activated Carbon With TiO<sub>2</sub> and ZnO as Photocatalyst *International Journal of Chem Tech Research*, (2), 427-435.

- Kong, C., Lu, J., Yang, J., Wang, J. (2006). Preparation of silicalite-1 membranes on stainless steel supports by a two-stage varying-temperature in situ synthesis, *Journal of Membrane Science*, 285, 258–264.
- Lavuri, R. and Susandy, G., 2020. Green products: Factors exploring the green purchasing behavior of south Indian shoppers. *Indonesian Journal of Sustainability Accounting and Management*, 4(2), pp.174–191.
- Logor, I.A., Rampe, M.J., Krisen, S.S. (2017). Reaksi Termal dan Struktur Kristal Mikro Grafit Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa. *Jurnal kimia sains*, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Manado.
- Lopes, F, Bernal, M,P, Mallada, R, Cornes, J, dan Santamaria, J, 2005, Preparation of silicalite membranes on stainless steel grid support, *Journal of Indonesian Engineering Chemistry ResolutionA*; 44, 7627-7632.
- Louis, B, Reuse, P, Kiwi-Minsker, L, Renken, A, 2001, ‘ZSM-5 coatings on stainless steel grids in one-step benzene hydroxylation to phenol by N<sub>2</sub>O reaction kinetics study, *Journal of Chemistry Resolution*, 40, 1454-1459.
- Makmur, N. W., Tasa, H., & Sukriyadi. (2013). Pengaruh Hemodialisis Terhadap Kadar Ureum Dan Kreatinin Darah Pada Pasien Gagal Ginjal Kronik Yang Menjalani Hemodialisis Di Ruang Hemodialisis (HD) Rsup Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar. Fakultas Keperawatan, Stikes Nani Hasanuddin Makassar. Makasar. [www.ejournal.stikesnh.ac.id/index.php/jikd/article/view/375](http://www.ejournal.stikesnh.ac.id/index.php/jikd/article/view/375)
- Margaretha Jr. I, Azizi, I, Baroroh, V., Denisa, T. (2019). Pengaruh Solven Terhadap Karakterisasi ZSM-5-TiO<sub>2</sub> dengan Metode Sintesis Sol-Gel. All content following this page was uploaded by Margaretha Jr I, on 03 June 2019



- Marianty, D., Lerik, M.D.C. and Anakaka, D.L. (2021). Academic Confidence in Students of the Faculty of Public Health, University of Nusa Cendana. *Journal of Health and Behavioral Science*, 3(2), pp.118-129.
- Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi. (2011). Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No. 13/MEN/X/2011, ambang batas faktor fisika dan kimia di tempat kerja
- Menteri Negara Lingkungan Hidup. (2006). Peraturan Menteri Negara lingkungan Hidup Nomor 5 tahun 2006 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor.
- Menteri Negara Lingkungan Hidup. (2010). Peraturan Menteri Negara lingkungan Hidup Nomor 12 (2010) tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara Di Daerah.
- Mgbemere, H. E., Obidiegwu, E. O. and Obareki, E. (2018). Beneficiation Of Azara Barite Ore Using A Combination Of Jigging, Froth Flotation And Leachin. *Nigerian Journal of Technology (NIJOTECH)*, 37 (4): 957 – 962
- Mubarok, P., Kurniaty, N., Rusnadi R. (2020). Sintesis Tetrapeptida YLYA (Tyr-Leu-Tyr-Ala) sebagai Kandidat Antioksidan dengan Metode Solid Phase Peptide Synthesis. *Prosiding Farmasi*, 6(2).
- Mukaromah A H, Wahyuni E T, Siswanta D. (2016a). Decreased Concentration of p-Chlorophenol with TiO<sub>2</sub> Photocatalyst and Ion Fe(III). *Proceeding in The Field of Mathematics and Natural Sciences The 3rd University of Research Colloquium*, 107-112
- Mukaromah AH, Kadja GTM, Mukti RR, Pratama IR, Zulfikar M A, & Buchari B. (2016b). The Surface-to-volume Ratio of the Synthesis Reactor Vessel Governing the Low Temperature Crystallization of ZSM-5 Governing the Low Temperature Crystallization of ZSM-5. *Journal of Mathematical and Fundamental Sciences ITB*, 48(3), 241-251.

- Mukaromah, A. H. (2017). *Sintesis membran Zeolit ZSM-5 Secara Elektrodeposisi dan coating pada Suhu Rendah untuk Menurunkan Kadar Gas Karbon Monoksida*. Disertasi. Program Doktor, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Mukaromah AH, and Ariyadi T. (2017). A Novel Method for the Growth of ZSM-5 Membranes on stainless steel Supports by coating on Reactor Vessel with Surface-to-volume Ratio of Synthesis Governing Low Temperature Crystallization of ZSM-5. The 3 rd International Seminar On Education and Technology ISET Collaborate Graduate Schools Conference, 88-94.
- Mukaromah AH, Azizah IH, Ariyadi T, dan Mifbakhuddin. (2018). Karakterisasi Membran Zeolit ZSM-5 Berdasarkan Variasi Jenis Dan Ukuran Kasa Dengan Pretreatment Direndam Dalam NaOH, HCl dan elektro-oksidasi Dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Prosiding Seminar Nasional Unimus (1), 194-205.
- Mukaromah, A., Ariyadi, t., Hasna, I., & Mifbakhuddin. 2020a. Karakterisasi Membran ZSM-5 Yang Disintesis Dengan Variasi Dan Ukuran Kasa Penyangga. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 16(1): 1-9. <https://jurnal.uns.ac.id/alchemy/article/view/25406>
- Mukaromah, A. H., Chasanah, U., Assyifa, I. R., Mifbakuddin, & Dewi, S. S. (2020b, Mei). Utilization of ZSM-5/TiO<sub>2</sub> Powder and Membrane to Reduce Concentration Cu(II) and Cr(VI) Ions in Water. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 846 Publishing. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/846/1/012004>
- Mukaromah, A. H., Wardoyo, F. A. & A. A, Agusta. (2020c). The Potential of Moringa oliefera Seed Powder (Msp) as a Substitute for ZSM-5 of Msp/TiO<sub>2</sub> to Reduce Cu(II) Ion Concentration on Batik Industrial Waste in Pekalongan. *Ist*

- Int. Conf. Educ. Sci. Technol. FMIPA*, 3(1): (2020)
- Mukaromah, A. H., Soraya, M. P., & Ariyadi, T. (2022, Nopember). Potensi Membran ZSM-5/TiO<sub>2</sub> Sebagai Filtrasi Kadar Ureum Dan Kreatinin Pada Sampel Darah. *Prosiding Asosiasi Institusi Pendidikan Tinggi Teknologi Laboratorium Medik Indonesia*, 1, 11-26.
- Mukaromah, A. H., Wardoyo, F. A. Sulistyanyingtyas, A.R. Ghazi, H. N. (2023). Decreasing of Mangan (II) in the Water Using Membrane of Moringa Seed Powder-TiO<sub>2</sub> with Variation of Mass TiO<sub>2</sub>. *Jurnal Riset Kimia* 14(1): 1-11
- Mulder J. (2012). *Basic Principles of Membrane Technology*. Springer Science & Business Media.
- Munandar, A., Krisdiyanto, D., & Khamidinal, A. P. (2014, Juni). Adsorpsi Logam Pb dan Fe dengan Zeolit Alam Teraktivasi Asam Sulfat. In *Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia*, 6: 138-46.  
<https://scholar.google.com/citations?user=GT1UbtsAAAA>
- Murniati, A, Buchari, Gandasasmita, S, dan Nurrachman, Z. (2012). Sintesis dan karakterisasi polipirol pada elektroda kerja kasa baja dengan metode voltametri siklik. *journal Sains Materi Indonesia*, 13 (3), 210-215.
- Najib, F. A., Kurniaty, N., & Rusnadi, R. (2020). Potensi Biji dari Beberapa Jenis Buah Menjadi Karbon Aktif sebagai Alternatif Adsorben. *Prosiding Farmasi*, 6(2), 1024-1031.
- Nurdin, A., Saputra, H., Arfiana, Yunilawati, R. Finalis, E.R. (2018). Pembuatan dan Karakteristik Katalis Zeolit ZSM-5 untuk Konversi Bioetanol Menjadi Bioetilena. *M.P.I. Vol.12, No 2, Agustus 2018* -(79-84) P-ISSN 1410-3680 / E-ISSN 2541-123.
- Nuropiah, Mukaromah, A.H., Sitomurti, D.H. (2015, Agustus). Penurunan Kadar Krom (VI) Dalam Air Menggunakan Zeolit ZSM-5 Dengan Variasi konsentrasi dan Lama Waktu

- perendaman. Seminar Nasional Bidang MIPA dan Kesehatan The 2<sup>rd</sup> University Research Colloquium 2015.
- Nurprihandayani, S., Ethica, S.N., Mukaromah, A.H. (2018). Utilization Of TiO<sub>2</sub> Impregnated Zeolit ZSM-5 to Decrease Concentration of Cr(VI) in Solution vat pH Variance. Proceeding International Seminar on Education and Development of Asia, 1st INseIDEA (Saturday, July 14th 2018) 216-227.
- Palar, H. (2008). Pollution and toxicology of heavy metals. *Rineka Cipta, Jakarta*.
- Pratama, IR. (2012). *Sintesis zeolit ZSM-5 pada Suhu Rendah Untuk Pemisahan Campuran Kation Logam Cu<sup>2+</sup> dan Pb<sup>2+</sup> serta Cu<sup>2+</sup> dan Ni<sup>2+</sup>*, Skripsi, Institut Teknologi Bandung.
- Purnama, M. S., Kusumawati, E., Susanto, D. (2018). Fitoremediasi Menggunakan Kayu Apu (*Pistia Stratiotes L.*) Dalam Kolam Bekas Tambang Batubara Terhadap Penyerapan Logam Mangan (Mn) dan Kadmium (Cd). *Bioprospek* 13 (1) 33-39
- Qong Lei, X., Liu, J., Li, C., dan Cui, Q. (2013). A fast organic template-free, ZSM-11 seed-assisted synthesis of ZSM-5 with good performance in methanol to olefin. *Microporous And Mesoporous Materials*, 181, 192- 200
- Rahmadiani, W. D. D., & Aunurohim. (2013). Bioakumulasi Logam Berat Kadmium (Cd) oleh *Chaetoceros calcitrans* pada Konsentrasi Sublethal. *Jurnal Sains Dan Seni POMITS*, 2(2), 1–7.
- Rahmi, R., & Sajidah. (2017). Pemanfaatan Adsorben Alami (Biosorben) untuk Mengurangi Kadar Timbal (Pb) dalam Limbah Cair. *Prosiding Seminar Nasional Biotik*, 5(1), 271–279.
- Rampe, M. J., Santoso, I. R., Rampe, H. L., Tiwow, V. A., & Apita, A. (2021). Infrared spectra patterns of coconut shell

- charcoal as result of pyrolysis and acid activation origin of Sulawesi, Indonesia. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 328, p. 08008). EDP Sciences.
- Rochmatun S, Mukaromah AH, Wardoyo FA. (2018). Penurunan Kadar ion Cu (II) Dalam Air Menggunakan Zeolit ZSM-5 Terimpregnasi TiO<sub>2</sub> Dengan Variasi Waktu perendaman. Karya Tulis Ilmiah Unimus
- Saputri, M. J., Mukaromah, A. H., & Yusrin, Y. (2017, October). Sintesis Membran Zeolit Zsm-5 Secara Coating Pada Suhu 90 C Berdasarkan Variasi Perlakuan Kasa Stainless Steel Aisi 316 180 Mesh Dalam Menurunkan Kadar Gas CO. In *Prosiding Seminar Nasional & Internasional* (Vol. 1, No. 1).
- Sastroamidjojo, H. (1996). Sintesis Bahan Alam, Gajah Mada University Press, Yogyakarta, ISBN-979-420-489-7.
- Sengkey dkk, (2011). Tingkat Pencemaran Udara CO Akibat Lalu Lintas Dengan Model Prediksi Polusi Udara Skala Mikro, *Jurnal Ilmiah, Media Engineering*, Vol.1 No.2, Universitas Sam Ratulangi.
- Sejati, T.L., Wardoyo, F.A., Ethica, S.N. and Mukaromah, A.H. (2021, December). Efektifitas Serbuk Cangkang Telur Puyuh Dalam Menurunkan Kadar Ion Mangan (II) Dalam Air Sumur Gali Di Desa Gempolsek Rowosari Kendal. In *Prosiding Seminar Nasional Unimus* (Vol. 4).
- Setyaningsih, A., Puspita, D., & Rosyidi, M. I. (2015). Perbedaan Kadar Ureum dan Creatinin Pada Klien Yang Menjalani Hemodialisa Dengan Hollow Fiber Baru Dan Hollow Fiber Re Use di RSUD Ungaran. *E-Jurnal Universitas Muhammadiyah Semarang*. 234037621.pdf (core.ac.uk)
- Shan, W., Zhang, Y., Yang, W., Ke, C., Gao, Z., Ye, Y., dan Tang, Y. (2004). Electrophoretic deposition of nanosizes in non-aqueous medium and its Application in fabricating thin

- zeolites membranes. *Journal of Microporous and Mesoporous Materials*, 69, 35-42.
- Shukla, D.B. dan Pandya, V.P. (1989). Estimation of crystalline phase in ZSM-5 zeolites by infrared spectroscopy, 44, 147-154.
- Siboro, ES., Surya, E., Herlina, N. (2013) 'Pembuatan Pupuk Cair dan Biogas dari Campuran Limbah Sayuran, *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(3): 40- 43.
- Sulaiman, A. (2004). Spektrometri Infra Merah, Departemen Kimia FMIPA ITB.
- Suryandari, E. T., & Kusuma, H. H. (2021, February). The synthesis of javanese bamboo charcoal for purifiying cooking oil. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1796, No. 1, p. 012107). IOPPublishing.
- Susandi, A., Tamamadin, M., Djamal, E. and Las, I. (2015). September. Information system of rice planting calendar based on ten-day (Dasarian) rainfall prediction. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1677, No. 1). AIP Publishing.
- Syuryani N., Arman E., Putri, G.E. (2021). Perbedaan Kadar Ureum Sebelum Dan Sesudah Hemodialisa Pada Penderita Gagal Ginjal Kronik. *Jurnal Kesehatan Saintika Mediatory*, 4(2): 117-129. [https://www.urnal Kesehatan Saintika Mediatory \(syedzasaintika.ac.id\) 1292-3410-1-PB.pdf](https://www.urnalKesehatanSaintikaMediatory(syedzasaintika.ac.id)1292-3410-1-PB.pdf)
- Tatlier, M, dan Elnekave, M. (2005). Electrochemical monitoring of zeolite synthesis. *Journal of Materials Chemists and Physics*, 91 : 99-103.
- Ulinuha L ., Mukaromah AH. dan Sitomurti, DH. (2015, Juni). Penurunan Kadar Ion Fe<sup>2+</sup> Dengan Variasi Konsentrasi Zeolit Zsm-5 Dan Lama Perendaman. Prosiding Simposium Nasional Inovasi dan pembelajaran Sains, Bandung. *Prosiding Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran*

*Sains 2015 (SNIPS 2015).*

- Utami RA, Mukaromah AH, and Yusrin Y. (2017). Sintesis Membran Zeolit ZSM-5 Secara Coating Pada Suhu 90°C Berdasarkan Variasi Perlakuan Kasa Stainless steel AISI 316-180 Mesh Dalam Menurunkan Kadar Gas CO. *Proceeding International and National Seminar Unimus*, 1 (1), 52-58
- Verdiansyah. (2016). *Pemeriksaan Fungsi Ginjal. CDK-237*, 43 (2). Bandung: Program Pendidikan Dokter Spesialis Patologi Klinik Rumah Sakit Hasan Sadikin. Skripsi (poltekkesjogja.ac.id)
- Wardhani, A.K., Mustofiyah, A., Widyanengrum, A. and Mukaromah, A.H. (2019, October). Pemanfaatan Buah Markisa (*Passiflora edulis*) sebagai Upaya Penangan Cemar Ion Cr (VI) Pada Kerang Hijau (*Perna viridis* Linn). In *Prosiding University Research Colloquium* (pp. 782-787).
- Wenten, I.G., Khoiruddin, K., Aryanti, P.T., Victoria, A.V. and Tanukusuma, G. (2020). Membrane-based zero-sludge palm oil mill plant. *Reviews in Chemical Engineering*, 36(2), pp.237-263.
- Wulandari, F., Umiatin, U., & Budi, E. (2015). Pengaruh konsentrasi larutan NaOH pada karbon aktif tempurung kelapa untuk adsorpsi logam  $\text{Cu}^{2+}$ . *Spektra: Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 16(2), 60-64.
- Xue, Z., Zhang, T., Ma, J., Miao, H., Fan, W., Zhang, Y., dan Li, R. (2012): Accessibility and catalysis of acidic sites in hierarchical ZSM-5 prepared by silanization, *Journal of Microporous and Mesoporous Materials*, 151, 271-276.
- Yusrin., Mukaromah, A. H. & Wahyuni, E. T., Penurunan Kadar Fe Dalam Air Dengan Biji Kelor (*Moringa oleifera*). *Pros. Semin. Nas.*, 654–658 (2015)

Yusrin., Mukaromah, A. H. (2023). Uji Kualitas Arang Tempurung Kelapa Teraktivasi Variasi Konsentrasi Larutan  $\text{CaCl}_2$  Dan Variasi Suhu Terhadap Penurunan Kadar Ion Chromium (VI). Laporan Hibah Internal Universitas Muhammadiyah Semarang.



## GLOSARIUM

Adsorben	zat atau bahan yang memiliki kemampuan untuk mengadsorpsi (mengumpulkan dan menahan) molekul atau partikel lain pada permukaannya
Adsorben Alamiah	Adsorben yang berasal dari bahan alam seperti zeolite, tanah liat, bagian dari tanaman dan hewan
Adsorben Berbasis Biologis	adsorben yang berasal dari bakteri dan fungi, Bahan Tumbuhan
Adsorben Berbasis Karbon	adsorben berupa karbon seperti karbon Aktif, dan karbon Nanotube
Adsorben Berbasis Logam dan Oksida Logam	Adsorben yang berbasis Silika, fase termodifikasi. Logam oksida seperti alumina dan silika dan silika dan alumina.
Adsorben berbasis Silika	Adsorben yang dapat diubah dengan logam atau senyawa oksida logam untuk meningkatkan sifat adsorpsi
Adsorben Sintetis	Adsorben yang sengaja dibust, seperti gel silika dan alumina, karbon aktif, polimer porus, karbon molekuler: polimer sintetis yang berpori dan memiliki kapasitas adsorpsi tinggi untuk molekul tertentu.
Adsorben Teraktivasi Kimia	Bahan adsorben yang diaktivasi dengan bahan kimia seperti asam fosfat, asam klorida, asam sulfat, atau garam logam kimia untuk meningkatkan kemampuannya menyerap atau mengikat zat-zat tertentu dari larutan atau gas
Aktivasi fisika	Proses pemanasan pada suhu tertentu yang bertujuan untuk memperluas pori arang aktif dengan bantuan panas, uap,

alumina dan silika	dan gas CO <sub>2</sub> memiliki sifat adsorpsi yang bervariasi tergantung pada jenis logamnya
Aplikasi Proses hidrotermal	Untuk bidang ilmu material, nanoteknologi, dan kimia. Bahan-bahan yang dihasilkan melalui metode ini dapat digunakan untuk katalisis, elektronika, dan pengembangan material fungsional
Bahan Tumbuhan sebagai adsorben	Beberapa bagian tumbuhan memiliki kemampuan adsorpsi, yang dapat digunakan dalam aplikasi lingkungan dan bioteknologi seperti daun, biji, kulit, buah
Bakteri dan fungi	mikroorganisme yang memiliki kemampuan adsorpsi, yang dapat digunakan dalam aplikasi lingkungan dan bioteknologi
Biosorben alami	Adsorben yang berasal dari bahan alami seperti kulit pisang, kulit kacang tanah, sekam padi, buah Markisa, tanaman air (aquatic plants), biji kelor, dan biomassa batang,
Coating	Cara melapiskan sesuatu pada permukaan benda untuk memberikan perlindungan (Protaktif), penampilan estetik, coating anti korosi, antibakteri atau meningkatkan kinerja benda tersebut..
Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (ED X)	Teknik analisis yang mengukur energi dan intensitas sinar-X yang dipancarkan oleh sampel ketika terkena serangan elektron berenergi tinggi. EDX membantu mengidentifikasi unsur-unsur kimia dan distribusinya di permukaan sampel.

Filtrasi	Penyaringan atau penurangan setelah melalui membran
Fitoremediasi	Metode pengelolaan limbah atau pencemaran lingkungan menggunakan tumbuhan untuk mengurangi konsentrasi zat pencemar dalam tanah, air, atau udara.
Fitoremediator	Tumbuhan yang digunakan dalam fitoremediasi
<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR)	Spektrofotometer FTIR yang bekerja pada 4000–340 $\text{cm}^{-1}$ , resolusi 4 $\text{cm}^{-1}$ , dan waktu scanning 2-3 detik, spektra inframerah dapat diukur, dan dapat diketahui gugus fungsi sampel
Gel silika dan alumina	Bahan buatan yang memiliki porositas tinggi yang mengandung
Hidrothermal	teknik pengolahan yang melibatkan reaksi kimia atau pertumbuhan kristal dalam lingkungan berbasis air dengan kondisi tekanan dan suhu tertentu. Proses hidrotermal digunakan dalam sintesis material, seperti kristal, dan nanomaterial.
Impregnasi	Proses menyerapkan suatu zat ke dalam bahan lain sehingga pori-pori menjadi lebih terbuka. Contoh mencampurkan $\text{TiO}_2$ ke dalam ZSM-5, sehingga rongganya semakin besar dan kemampuan dalam menyerap adsorbat semakin besar
Kadar kreatinin	Kreatinin adalah senyawa yang dihasilkan oleh otot sebagai produk sampingan metabolisme kreatin, yang digunakan untuk menyediakan energi otot.

Kadar Ureum	Jumlah ureum dalam darah/urine yang memberikan indikasi tentang seberapa efisien ginjal dalam mengekskresi ureum dari tubuh. Peningkatan kadar ureum mengakibatkan gagal ginjal atau keadaan medis lainnya.
Knalpot kendaraan Karbon Aktif	Tempat keluarnya gas hasil pembakaran Bahan yang sangat porus dengan struktur karbon, digunakan dalam pemurnian air dan udara, yang dibuat dari bahan karbon, seperti biji, kayu, daun atau batu bara, dengan mengaktifkan secara kimia atau fisika untuk meningkatkan porositasnya
Karbon Molekuler	polimer sintesis yang berpori dan memiliki kapasitas adsorpsi tinggi untuk molekul tertentu.
Karbon Monooksida (CO)	Gas tidak berwarna, tidak bau, dan tidak beracun yang sangat berbahaya karena dapat merusak sel darah merah dan menghambat kemampuan darah untuk mengangkut oksigen.
Karbon Nanotube	Bahan yang serupa dengan karbon aktif tetapi dalam bentuk nanotube, memiliki sifat adsorpsi yang berbeda.
Kasa	Penyangga prekursor adsorben alami atau sintesis yang dapat terbuat dari baja, kain berongga, sehingga terbentuk membran
Kondisi hidrotermal	Tekanan dan Suhu dapat bervariasi tergantung pada tujuan sintesis atau pertumbuhan kristal. Suhu dan tekanan hidrotermal dapat berkisar dari suhu kamar hingga tinggi dan tekanan yang signifikan
Kristalinitas	Struktur kristal, partikel-partikel

	penyusun secara teratur dan memiliki bentuk yang jelas. Kristalinitas mempengaruhi sifat mekanik, termal, dan elektrik dari suatu bahan dan dalam bidang ilmu material dan rekayasa material
Laju kondensasi	Kecepatan perubahan fase gas menjadi fase cair, yaitu proses fisika di mana uap atau gas berubah menjadi bentuk cairan ketika suhu turun di bawah titik embun atau titik jenuh.
Lingkungan Hidrotermal	Reaksi atau pertumbuhan material terjadi dalam lingkungan berbasis air di bawah kondisi tekanan dan suhu yang dikontrol dan proses ini dilakukan dalam suatu reaktor tekanan tertutup
Mekanisme fitoremediasi	Proses yang melibatkan sejumlah proses biokimia dan fisiologis dalam tumbuhan, yang dapat melibatkan akumulasi, transformasi, atau penguraian zat pencemar
Membran ZSM-5	membran yang terbuat dari precursor /material katalis ZSM-5, digunakan dalam berbagai aplikasi katalitik dan pemisahan karena sifat-sifatnya yang unik.
Prekursor	senyawa atau molekul yang digunakan sebagai langkah awal untuk menghasilkan senyawa atau molekul yang lebih kompleks
Polimer Porus	Polimer yang memiliki struktur pori untuk menangkap molekul tertentu.
PVA	Poly Vinyl Acrylic yang ditambahkan pada prekursor, supaya dapat merekat pada penyangga

SEM ( <i>Scanning Electron Microscopy</i> )	Metode mikroskopi yang menggunakan elektron sebagai sumber radiasi. SEM digunakan untuk pengamatan detil struktur permukaan sampel pada tingkat mikroskopis.
Serbuk biji kelor/TiO <sub>2</sub>	Serbuk TiO <sub>2</sub> yang diimpregnasikan pada ZSM-5
Sintesis Material secara hidrotermal	Sintesis untuk menghasilkan kristal dengan struktur yang teratur, seperti senyawa oksida logam, sulfida, dan menciptakan nanopartikel.
Tanah Liat	Beberapa jenis tanah liat digunakan untuk berbagai aplikasi karena sifat adsorpsinya yang baik
Waktu kontak	Lama waktu sampel bereaksi dengan adsorben
XRD ( <i>X-Ray Diffraction</i> )	Yaitu analisis struktur kristal dengan pola difraksi sinar-X yang memberikan informasi tentang jarak antar atom dalam struktur kristal, digunakan untuk mengidentifikasi fase kristal dan menentukan ukuran kristal.
<i>Zeolite Socony Mobile (ZSM-5)</i>	sifat bahan yang ditandai oleh susunan atom, molekul atau ion yang teratur dan berulang, memiliki struktur kerangka tiga dimensi (saluran lurus dengan ukuran 5,3 × 5,6 Å dan saluran zig-zag dengan ukuran 5,1 × 5,6 Å). salah satu jenis zeolit yang merupakan suatu bentuk aluminosilikat memiliki struktur kristal berpori yang dapat digunakan sebagai adsorben dan katalis.
ZSM-5/TiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub> yang diimpregnasikan pada Zeolit ZSM-5 dengan jumlah tertentu, kemudian dipanaskan

## **PROFIL PENULIS**

**Dr. Ana Hidayati Mukaromah, M.Si.**, adalah dosen pascasarjana untuk Magister Sains Laboratorium Medis, Pascasarjana, Universitas Muhammadiyah Semarang. Beliau mendapat gelar sarjananya pada bidang studi Pendidikan Kimia di IKIP Semarang. Selanjutnya, beliau menempuh pendidikan S2 pada bidang Ilmu Kimia di Universitas Gadjah Mada, sedangkan gelar doktoral beliau selesaikan di Institut Teknologi Bandung pada bidang studi Kimia. Dr. Ana Hidayati Mukaromah, M.Si., pernah menjabat sebagai Kepala Unit Pendidikan di Akademi Analis Kesehatan Muhammadiyah Semarang tahun 1992-1998, Sekretaris Lembaga Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Muhammadiyah Semarang tahun 2008-2012, dan Ketua Program Studi D3 Analis Kesehatan tahun 2018-2020. Beliau beberapa kali melakukan penelitian dari Dana Kemdikbud Propinsi Jawa Tengah, Kemenristekdikti (Hibah Bersaing, Hibah Penelitian Terapan, Hibah Tesis Magister dan Hibah Riset Muhammadiyah, dan kolaborasi dengan BRIN Cibinong).



**Dr. Ana Hidayati Mukaromah, M.Si.** adalah dosen Magister Ilmu Laboratorium Klinis Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Semarang. Beliau dilahirkan di Semarang, 2 Mei 1965. Lulus Diploma 3 Pendidikan Kimia di IKIP Semarang pada tahun 1986, dan mendapatkan gelar sarjananya pada tahun 1988, kemudian melanjutkan program Magister pada Program Studi Ilmu Kimia (Analitik) UGM Yogyakarta lulus pada tahun 2004. Gelar Doktorat beliau selesaikan pada Program Studi Kimia Institut Teknologi Bandung tahun 2017 dalam bidang Kimia Analitik.

Pada 1991-2003, beliau menjadi dosen di Akademi Analis Kesehatan Muhammadiyah Semarang, tahun 2003-2005 menjadi dosen D-3 Analis Kesehatan PTKMS, tahun 2005-sekarang menjadi Dosen Prodi D-3 dan D-4 Analis Kesehatan, Fakultas Ilmu Keperawatan dan Kesehatan, dan mulai tahun 2018-sekarang juga mengajar pada Program Studi Magister Sains Laboratorium Klinis. Beliau mendapatkan dana Penelitian Dosen Pemula Kemdikbud Propinsi Jawa Tengah, Hibah Bersaing, Hibah Penelitian Terapan DRPM dan Kemenristekdikti, Hibah Tesis Magister, Hibah Riset Muhammadiyah, dan Kolaborasi dengan BRIN Cibinong. Paten yang dimiliki berjudul "Proses Pembuatan Keramik Menggunakan Katalis  $\text{TiO}_2$  untuk Menurunkan Jumlah Bakteri". Topik Penelitian yang diteliti tentang Adsorben alami, arang aktif,  $\text{TiO}_2$ , serbuk dan membran ZSM-5, serbuk dan Membran ZSM-5/ $\text{TiO}_2$ .

Adsorben adalah zat atau material yang memiliki kemampuan untuk menyerap atau mengumpulkan molekul atau partikel dari suatu zat dalam jumlah signifikan di permukaannya. Proses ini dikenal sebagai adsorpsi. Adsorpsi terjadi ketika molekul atau partikel dari suatu zat, yang disebut adsorbat, melekat pada permukaan material adsorben. Adsorben umumnya digunakan dalam berbagai aplikasi lingkungan, termasuk pemurnian air, pengolahan air limbah, dan pengolahan gas serta aplikasi kesehatan seperti filtrasi kadar kreatinin dan kadar ureum dalam darah.

Karakteristik utama dari adsorben melibatkan luas permukaan yang besar, daya serap yang tinggi, dan kemampuan untuk berinteraksi dengan molekul adsorbat secara efisien. Banyak adsorben memiliki struktur pori-pori mikroskopis yang memungkinkan molekul adsorbat masuk ke dalam struktur tersebut, meningkatkan luas permukaan efektif adsorben. Berdasarkan sumbernya, adsorben dapat berasal dari alam seperti zeolit, tempurung kelapa, biji kelor dan sintetis seperti ZSM-5. Pemilihan adsorben tergantung pada jenis molekul atau partikel yang akan diadsorpsi.

*Zeolite Socony Mobile (ZSM-5)* adalah jenis zeolit sintetis yang sering digunakan sebagai adsorben dalam berbagai aplikasi katalisis dan pemurnian. ZSM-5 memiliki struktur zeolit tipe *Mordenite Framework Inverted (MFI)* dan memiliki sifat-sifat khusus sehingga berguna dalam berbagai proses kimia, dan memiliki struktur berpori yang unik dengan saluran berbentuk silang yang sempit dan memiliki ukuran pori yang memungkinkan selektivitas terhadap molekul-molekul berukuran tertentu.

Dalam buku monograf ini, diharapkan mahasiswa dapat melakukan preparasi adsorben dari bahan alami ke dalam bentuk serbuk, arang, arang yang teraktivasi secara kimia dan fisika, mensintesis adsorben sintetis ZSM-5 pada suhu rendah ( $90^\circ\text{C}$ ), serbuk ZSM-5/ $\text{TiO}_2$ , membran ZSM-5, membran ZSM-5/ $\text{TiO}_2$ , dan karakterisasinya serta aplikasi untuk lingkungan seperti penurunan kadar ion logam di dalam air, gas CO di udara dan aplikasi untuk kesehatan seperti filtrasi kadar Ureum dan Kreatinin dalam sampel darah.

Penerbit Deepublish (CV BUDI UTAMA)

Jl. Kaliurang Km 9,3 Yogyakarta 55581

Telp/Fax : (0274) 4533427

Anggota IKAPI (078/DIY/2012)

✉ [cs@deepublish.co.id](mailto:cs@deepublish.co.id)

📞 Penerbit Deepublish

📧 [@penerbitbuku\\_deepublish](mailto:@penerbitbuku_deepublish)

🌐 [www.penerbitdeepublish.com](http://www.penerbitdeepublish.com)



Kategori : Darah dan Peredaran

ISBN 978-623-02-8073-3



9 786230 280733