

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT SILIKA  
(PASIR PANTAI TIRANG SEMARANG)-ZEOLIT  
SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA *REMAZOL BLACK B***

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat  
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
dalam Ilmu Kimia



Oleh:

**Avikha Wahyu Anggita**

NIM: 1608036004

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO  
SEMARANG  
2023**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Avikha Wahyu Anggita

NIM : 1608036004

Jurusan : Kimia

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

**Sintesis Dan Karakterisasi Komposit Silika (Pasir Pantai  
Tirang Semarang)-Zeolit Sebagai Adsorben Zat Warna  
*Remazol Black B***

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 21 Juni 2023

Pembuat Pernyataan,



**Avikha Wahyu Anggita**

NIM : 1608036004

## PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini :

Judul : **Sintesis dan Karakterisasi Komposit Silika (Pasir Pantai Tirang Semarang)-Zeolit sebagai Adsorben Zat Warna Remazol Black B**

Penulis : Avikha Wahyu Anggita

NIM : 1608036004

Jurusan : Kimia

Telah diujikan dalam sidang tugas akhir oleh dewan penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam ilmu Kimia.

Semarang, 21 Juni 2023



## NOTA DINAS

Semarang, 21 Juni 2023

Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Walisongo  
Di Semarang

*Assalamu'alaikum.wr.wb.*

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : **Sintesis dan Karakterisasi Komposit Silika (Pasir Pantai Tirang Semarang)-Zeolit sebagai Adsorben Zat Warna *Rhemazol Black B***

Nama : Avikha Wahyu Anggita

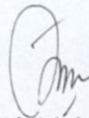
NIM : 1608036004

Jurusan: Kimia

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam sidang Munaqosyah.

Wassalamu'alaikum.wr.wb.

Semarang, 21 Juni 2023  
Pembimbing I,



Zidni Azizati, M.Sc.  
NIP. 19901117 201801 2 001

## NOTA DINAS

Semarang, 21 Juni 2023

Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Walisongo  
Di Semarang

*Assalamu'alaikum.wr.wb.*

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : **Sintesis dan Karakterisasi Komposit Silika (Pasir Pantai Tirang Semarang)-Zeolit sebagai Adsorben Zat Warna Remazol Black B**

Nama : Avikha Wahyu Anggita

NIM : 1608036004

Jurusan : Kimia

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam sidang Munaqosyah.

*Wassalamu'alaikum.wr.wb.*

Semarang, 21 Juni 2023  
Pembimbing II,



**Ika Nur Fitriani, M.Sc**  
NIP : 19930331 201903 2 018

## ABSTRAK

Nama :Avikha Wahyu Anggita  
NIM :1608036004  
Judul : Sintesis dan Karakterisasi Komposit Silika (Pasir Pantai Tirang Semarang)-Zeolit sebagai Adsorben Zat warna *Remazol Black B*

Pasir pantai hitam di Indonesia mengandung silika berbentuk  $\text{SiO}_2$  dapat dimanfaatkan sebagai penyaring, mineral pengisi, adsorben, katalis dan sumber silika. Penelitian ini dilakukan sintesis dari pasir pantai untuk mendapatkan silika yang akan diproses menjadi komposit. Data FTIR (*Fourier Transform Infrared*) untuk silika dan komposit silika-zeolit menunjukkan keberadaan gugus fungsi Si-O. Kristalinitas dari data XRD (*X-ray Diffraction*) hasil komposit silika-zeolit didapatkan puncak difraktogram terdiri pada  $2\theta = 17,78^\circ$  ;  $26,81^\circ$  ;  $30,11^\circ$  ;  $30,93^\circ$  dan  $36,01^\circ$ . Kapasitas adsorpsi pada silika sebesar 9,04 mg/g, dan untuk komposit silika-zeolit dengan variasi 0,01 ; 0,03 dan 0,06 gram memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 8,14 mg/g ; 8,07 mg/g serta 8,04 mg/g. Kapasitas adsorpsi silika lebih besar karena silika memiliki luas permukaan yang signifikan besar.

**Kata Kunci :** Pasir, Silika, Zeolit, Adsorpsi

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah rabbil 'Alamin puji syukur kehadiran Allah SWT, atas limpahan Rahmat dan Karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul: Sintesis Dan Karakterisasi Komposit Silika (Pasir Pantai Tirang Semarang)-Zeolit Sebagai Adsorben Zat Warna *Remazol Black B*. Sholawat dan salam semoga tetap terlimpahkan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW yang senantiasa memupuk rasa semangat dan keyakinan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan studi serta dalam rangka memperoleh gelar Sarjana studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini.

Terselesaikan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun

materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Prof. Dr. Imam Taufiq, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
2. Bapak Dr. Ismail, M.Ag selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
3. Ibu Hj. Malikhatul Hidayah, ST, M.Pd selaku Ketua Jurusan Kimia Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
4. Ibu Mulyatun, S.Pd., M.Si selaku Sekretaris Jurusan Kimia Universitas Islam Negeri Walisongo
5. Ibu Wirda Udaibah, M.Si selaku dosen wali yang telah memberikan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Ibu Zidni Azizatii, M.Sc selaku dosen pembimbing pertama skripsi yang telah memberikan kritik, saran, bimbingan maupun arahan yang sangat berguna dalam penyusunan skripsi.
7. Ibu Ika Nur Fitriani, M.Sc selaku dosen pembimbing kedua skripsi yang telah memberikan kritik, saran, bimbingan maupun arahan yang sangat berguna dalam penyusunan skripsi.



8. Seluruh Bapak/Ibu dosen dan staf di lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang, khususnya Jurusan Kimia yang telah banyak membantu kami untuk dapat melaksanakan penulisan dalam studi.
9. Teristimewa kepada orang tua penulis, bapak Suparto dan ibu Sri Mulyati yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moril maupun materil kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini,
10. Ibu Anita Karunia Z, S.Si, Ahmad Mughis, S.Pd.I, dan segenap asisten laboratorium kimia yang telah memberikan kesempatan belajar dan pengalaman berharga bagi penulis sebagai asisten di Laboratorium Kimia UIN Walisongo.
11. Teman-teman seperjuangan Kimia 2016 yang telah memberikan warna dan semangat setiap harinya selama perkuliahan.
12. Serta semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu yang turut memberikan dukungan, bantuan dan semangat selama penyelesaian skripsi.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini belumlah sempurna. Karena itu, penulis mengharap kritik dan saran yang bersifat membangun guna memperbaiki dan

menyempurnakan skripsi ini. Penulis juga berharap, Semoga skripsi yang telah disusun dapat memberikan manfaat, sehingga dapat membantu dalam pengembangan riset dan ilmu pengetahuan.

Semarang, Juni 2023

Penulis,

Avikha Wahyu Anggita  
NIM. 1608036004

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>NOTA DINAS.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I : PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah .....	6
C. Tujuan Penelitian .....	7
D. Manfaat penelitian .....	7
<b>BAB II : TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>9</b>
A. LANDASAN TEORI.....	9
1. Pasir Pantai.....	9
2. Silika (SiO <sub>2</sub> ) .....	10
3. Zeolit.....	12
4. Komposit.....	13

5. Metode Sol Gel .....	16
6. Adsorpsi.....	19
7. <i>Remazol Black B</i> .....	22
B. KARAKTERISASI.....	26
1. <i>Fourier Transform Infrared (FTIR)</i> .....	26
2. UV-VIS.....	29
3. <i>X-ray Flourescence (XRF)</i> .....	32
4. <i>X-ray Difrraction (XRD)</i> .....	33
C. KAJIAN RISET RELEVAN.....	35
<b>BAB III : METODE PENELITIAN.....</b>	<b>39</b>
A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	39
B. Alat dan Bahan.....	39
C. Metode .....	40
1. Pembuatan Natrium Silikat.....	40
2. Sintesis adsorben komposit Silika-Zeolit.....	41
3. Pembuatan Larutan Induk <i>Remazol black b</i> 1000 ppm.....	42
4. Penentuan Kondisi Optimum Penyerapan Zat Warna Oleh Adsorben.....	42
a. Penentuan Konsentrasi Optimum.....	42
b. Penentuan Waktu Kontak Optimum.....	43
<b>BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>45</b>
A. Karakterisasi Komposisi Kandungan Pasir Pantai.....	45
B. Pembuatan Natrium Silikat.....	46
C. Sintesis adsorben komposit Silika-Zeolit.....	47

D. Karakterisasi Gugus Fungsi Adsorben menggunakan <i>Spectrometer Fourier Transform Infrared (FTIR)</i> .....	48
E. Analisa Kristainitas dengan XRD.....	52
F. Penentuan Kondisi Optimum Penyerapan Zat Warna <i>Remazol Black B</i> Oleh Adsorben komposit Silika-Zeolit.....	54
a. Penentuan Konsentrasi Optimum <i>Remazol Black B</i> .....	54
b. Penentuan Waktu Kontak Optimum.....	55
G. Penentuan Isoterm Adsorpsi.....	57
H. Penentuan Kinetik Adsorpsi.....	61
<b>BAB V: PENUTUP</b> .....	<b>65</b>
A. Kesimpulan.....	67
B. Saran.....	67
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>66</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b> .....	<b>73</b>
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b> .....	<b>94</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
Tabel 2.1	Range panjang gelombang berbagai gugus fungsi	35
Tabel 4.1	Komposisi pasir pantai	46
Table 4.2	Interpretasi hasil spektra FTIR	50
Table 4.3	Parameter isoterem adsorpsi	60
Table 4.4	Parameter Kinetika adsorpsi	63

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1	Struktur dimensi <i>remazol black b</i>	23
Gambar 2.2	Skema instrument FTIR	27
Gambar 2.3	Daerah spektra FTIR	28
Gambar 2.4	Diagram alat spektrofotometer UV-VIS <i>single-beam</i>	31
Gambar 2.5	Proses pembentukan puncak pada XRD	35
Gambar 4.1	Spektra FTIR silika dan komposit silika-zeolit	49
Gambar 4.2	Difraktogram silika aerogel, Komposit silika-zeolit	53
Gambar 4.3	Pengaruh konsentrasi awal <i>remazol black b</i>	55
Gambar 4.4	Pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi	56
Gambar 4.5	Kurva isotherm Langmuir	58
Gambar 4.6	Kurva isotherm Freundlich	59
Gambar 4.7	Kurva model isotherm adsorpsi <i>Remazol black b</i>	60
Gambar 4.8	Model kinetika adsorpsi pseudo orde 1	61
Gambar 4.9	Model kinetika adsorpsi pseud orde 2	62

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
Lampiran 1	Pembuatan Natrium Silikat	70
Lampiran 2	Sintesis adsorben Komposit silika -zeolite	71
Lampiran 3	Dokumentasi pembuatan Natrium Silikat	73
Lampiran 4	Dokumentasi sintesis adsorben komposit silika-zeolit	75
Lampiran 5	Panjang gelombang maksimum <i>Remazol Black B</i>	78
Lampiran 6	Analisa data	80



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Indonesia adalah salah satu negara maritim terbesar di dunia dengan jumlah sekitar 17.500 pulau dan memiliki garis pantai terpanjang kedua di dunia. Laut Indonesia memiliki panjang pantai sekitar 81.000 km atau 14% garis pantai di dunia. Pantai adalah pertemuan daratan dan air laut dimana garis pantai posisinya tidak tetap dan dapat berubah sesuai dengan pasang surut air laut dan erosi pantai yang terjadi (Solihin et al., 2005). Pantai di Indonesia umumnya berwarna putih dan sebagian berwarna hitam dan kecenderungan material berupa pasir silika yang cukup banyak. Pantai Tirang memiliki pasir laut berwarna hitam dan terdapat kandungan silika dan disertai beberapa pengotor (Siswanto et al., 2012).

Pasir adalah material butiran yang berukuran 0,0625 sampai 2 milimeter. Pasir terbentuk dari silikon dioksida dan beberapa pantai tropis dan subtropis umumnya terbentuk dari batu kapur. Pasir laut hitam di Indonesia memiliki kandungan

silika yang berkisar 60-98% dalam bentuk  $\text{SiO}_2$  dengan pengotor  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  atau  $\text{K}_2\text{O}$  (Sukandarrumadi, 1999). Pasir laut hitam digunakan sebagai penyaring, mineral pengisi, adsorben, katalis, bahan penyekat, bahan penggosok, sumber silika reaktif, material pembangun dan perekat (Siswanto et al., 2012).

Silika adalah senyawa kimia yang didapatkan dari silika mineral dan sintesis kristal (Gonçalves & Bergmann, 2007). Silika mempunyai struktur kristal tridimit yang diperoleh dari pemanasan pasir kuarsa pada suhu  $870^\circ\text{C}$  dan jika pemanasan dilakukan pada suhu  $1470^\circ\text{C}$  dapat diperoleh silika dengan struktur kristobalit (Cotton & Wilkinson, 1989). Silika dapat dibentuk dengan mereaksikan silikon dengan oksigen atau udara pada suhu tinggi (Iler, 1979). Silika terbentuk melalui ikatan kovalen kuat dan memiliki struktur dengan empat atom oksigen terikat pada posisi sudut tetrahedral maka akan terbentuk silika gel (Gonçalves & Bergmann, 2007).

Silika gel merupakan bentuk kimia dari  $\text{SiO}_2$ , terdiri atas silika dioksida ( $\text{SiO}_2$ ) dengan rumus  $\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ . Definisi lain silika gel adalah silika amorf yang terdiri globula-globula  $\text{SiO}_4$  tetrahedral yang

tidak teratur dan membentuk kerangka tiga dimensi (Shin et al., 2004). Silika gel adalah polimer asam silikat dengan molekul besar dan menyerap air sehingga berbentuk padatan kenyal. Silika gel dapat digunakan untuk keperluan adsorpsi pada senyawa polar, bahan katalisator, pengisi kolom pada alat kromatografi, dan isolator (Gonçalves & Bergmann, 2007).

Silika gel merupakan mineral alami hasil pemurnian silika yang dihasilkan melalui penggumpalan sol natrium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) berbentuk koloid dan mempunyai pori halus dan luas permukaan yang besar (Jia, et al., 2004). Silika memiliki luas permukaan yang besar sehingga dapat digunakan untuk pembuatan komposit. Komposit silika memiliki sifat seperti luas permukaan besar, membentuk pori-pori dengan dimensi dan bentuk yang dapat diatur, dan biokompatibilitas dan fungsionalitas yang tinggi, karena sifat yang diberikan dari bahan polimer (Adina et al., 2023).

Komposit adalah suatu struktur yang tersusun atas beberapa material pembentuk yang digabungkan menjadi struktur baru dengan sifat yang berbeda (Ajayan et al., 2014). Pengolahan komposit

dengan zeolit dapat dilakukan menggunakan metode sol-gel. Metode sol-gel merupakan metode pembentuk senyawa anorganik melalui reaksi kimia dalam larutan pada suhu rendah, dimana terjadi proses perubahan fasa dari suspensi koloid (sol) menjadi fasa air (gel). Metode sol-gel banyak digunakan dalam pembuatan nanokomposit dari bahan polimer (Hasan et al., 2014).

Zeolit memiliki bentuk kristal teratur dengan rongga yang saling berhubungan ke segala arah yang menyebabkan luas permukaan zeolit sangat besar (Sutarti dan Rachmawati, 1994). Zeolit merupakan batuan atau mineral alam yang secara kimiawi termasuk bagian dari golongan mineral silika dan dapat sebagai silika alumina hidrat. Secara struktural, kerangka zeolit terdiri dari ikatan  $\text{SiO}_4$  dan  $\text{AlO}_4$  tetrahidrat yang dihubungkan oleh atom oksigen (Saputra, 2006).

Penelitian sebelumnya Yuniarizky dkk.(2021) menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi nanokomposit silika aerogel-karbon aktif terhadap *remazol red* mengalami penurunan dengan bertambahnya pH dan kapasitas adsorpsi *remazol red* mengalami penurunan dengan bertambahnya

temperatur dan mengalami kenaikan dengan bertambahnya konsentrasi *remazol red*. Penelitian yang dilakukan didapatkan hasil bahwa aerogel-abu arang masih memiliki kekurangan dalam adsorpsi pada *remazol red* sehingga dalam penelitian ini dilakukan penambahan zeolit karena memiliki sifat daya serap yang tinggi yang telah sering dipakai sebagai bahan adsorben. Kelebihan menggunakan zeolit yaitu sifat lemah pada ikatan ion logam alkali tanah yang dapat diganti oleh ammonium. Ion ammonium yang terikat pada permukaan kerangka struktur zeolit melalui proses kalsinasi dapat diubah menjadi ion  $H^+$  akan membuat zeolit bersifat asam, sehingga zeolit aktif dapat digunakan sebagai katalis dalam nanokomposit silika (Banon, 2008).

Pasir yang digunakan adalah pasir hitam, pengotor pada pasir dihilangkan agar didapatkan silika dari penambahan padatan NaOH untuk mengetahui silika gel yang akan terbentuk lebih cepat dan silika yang terbentuk memiliki penyerapan yang lebih baik. silika yang didapatkan dicampurkan dengan perbandingan jumlah larutan TEOS (*Tetraethylorthosilicate*) dan heksana, silika yang terbentuk memiliki penyerapan yang lebih baik.

Silika yang didapatkan dengan perbandingan didapatkan luas permukaan sekitar  $1500 \text{ m}^2/\text{g}$ . Pelarut heksana dan pentana memiliki ciri-ciri senyawa yang sangat mirip dan bisa membantu TEOS untuk memodifikasi luas permukaan pada silika aerogel (Ikhsan Jaslin, 2016)

Pada penelitian sebelumnya sintesis nanokomposit dari aerogel-abu arang hasil yang didapatkan belum berhasil, penelitian yang akan dilakukan melakukan inovasi dengan perubahan dalam katalis. Penelitian ini akan dilakukan sintesis nanokomposit silika dan zeolit dengan variasi TEOS dan heksana dengan perbandingan 1:2 kemudian dilakukan variasi untuk pembuatan komposit dengan penambahan zeolit perbandingan 0,01; 0,03 dan 0,06 gram kemudian direndam dengan etanol 30%.

## **B. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah yang praktikan tetapkan dalam percobaan ini yaitu:

1. Bagaimana karakteristik silika dan komposit silika-zeolit dari pasir pantai hasil sintesis dengan metode sol gel?
2. Bagaimana kapasitas adsorpsi adsorben komposit silika-zeolit terhadap *remazol black B*?

### **C. Tujuan**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah

1. Untuk mengetahui karakteristik silika dan komposit silika-zeolit dari pasir pantai hasil sintesis dengan metode sol gel.
2. Untuk mengetahui kapasitas adsorpsi adsorben komposit silika-zeolit terhadap *remazol black B*.

### **D. Manfaat Penelitian**

Meningkatkan pengetahuan peneliti dan menambah masukan pengetahuan ke Perguruan Tinggi mengenai pemanfaatan Pasir Pantai untuk pembuatan komposit silika-zeolit dengan metode sol-gel. Dapat dijadikan bahan kajian untuk penelitian selanjutnya.





## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Landasan Teori

##### 1. Pasir Pantai

Pasir adalah bahan butiran alami, tidak terkonsolidasi. Pasir terdiri dari butiran  $\frac{1}{16}$  - 2 mm. Butiran pasir dapat berupa mineral individu, badan batuan atau biogenik (Siswanto et al., 2012). Pasir terdiri dari mineral silikat atau fragmen batuan silikat. Bahan yang membuat pasir adalah batu api, beberapa pantai tropis dan subtropis biasanya terbuat dari batu kapur. Pasir memiliki warna tergantung dari asal pembentukannya (Siswanto et al., 2012).

Mineral yang ditemukan sebagai komponen pasir pantai adalah mineral kuarsa. Pasir pantai banyak terdapat di alam, tidak hanya mengandung satu komponen mineral. Pasir kuarsa dikenal sebagai pasir putih, yang merupakan hasil pelapukan batuan yang mengandung mineral terpenting, seperti kuarsa dan feldspar. Pasir kuarsa memiliki komposisi gabungan  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  dan  $\text{K}_2\text{O}$  yang

berwarna putih bening atau warna lain tergantung komposisi pengotornya (Siswanto et al., 2012).

Kandungan pasir biasanya mengandung unsur seperti Fe, Si dan Ca dalam persentase tergantung letak pasirnya (Silvia et al., 2018). Sebagai contoh, pasir pantai dengan kandungan kalsium yang cukup tinggi dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) yang sangat murni untuk industri cat, kertas, karet dan farmasi (Soemargono et al., 2007). Unsur silikon (Si) yang dihasilkan dapat digunakan pada sel surya, semikonduktor, bahan keramik dan bahan semen (Munasir et al., 2013). Unsur besi seperti magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) banyak digunakan sebagai media magnet, fluida magnet, pembawa data dan sensor magnet (Ghandoor et al., 2012).

## **2. Silika ( $\text{SiO}_2$ )**

Silikon dioksida, atau silika adalah senyawa kimia yang paling umum. Silika murni ada dalam dua bentuk, yaitu kuarsa dan kristobalit. Silikon terikat secara tetrahedral dengan empat atom oksigen, tetapi ikatan ini cukup bersifat ionik. Dalam kristobalit, atom silikon disusun seperti atom karbon dalam intan, dengan atom oksigen

ditengah setiap pasangan. Kuarsa memiliki bentuk spiral, itulah sebabnya kristal enansiomorfik terbentuk. Kuarsa dan kristobalit dapat saling dipertukarkan apabila dipanaskan (Gonçalves & Bergmann, 2007).

Proses ini lambat karena membutuhkan pemutusan dan pembentukan kembali ikatan dan energi aktivasi yang tinggi. Silikon relatif tidak reaktif terhadap asam-asam,  $H_2$ ,  $Cl_2$  dan sebagian besar logam pada suhu  $25^\circ C$  atau lebih tinggi, tetapi dapat diserang oleh  $F_2$ , air HF, hidroksida alkali dan paduan karbonat (Cotton, 1989).

Bentuk silika merupakan struktur kristal yang penting bukan hanya karena silika merupakan zat yang melimpah dan bermanfaat, tetapi karena strukturnya ( $SiO_4$ ) merupakan unit dasar dari sebagian besar mineral. Kristal silikon memiliki dua sifat utama, yaitu:

1. Setiap atom silikon terletak di tengah tetrahedron dari empat atom oksida.
2. Setiap atom oksigen ditemukan di antara dua atom silikon (Keenan, 1992). Senyawa kimia silikon dioksida, juga dikenal sebagai silika (dari kata Latin *silex*), adalah silikon oksida dengan rumus

kimia  $\text{SiO}_2$ . Silika paling sering ditemukan di alam sebagai pasir atau kuarsa dan di dinding sel batuan mengandung silika. Silika diproduksi dalam beberapa bentuk, termasuk kuarsa leburan, kristal, bermerek Aerosil atau Cab-O-Sil, silika koloid, gel silika, dan aerogel. Selain bentuk amorf,  $\text{SiO}_2$  memiliki beberapa bentuk kristal (polimorf) yang berbeda. Panjang ikatan silikon-oksigen bervariasi antara bentuk kristal yang berbeda, misalnya  $\alpha$ -kuarsa memiliki panjang ikatan 161 pm, sedangkan  $\alpha$ -tridimit memiliki panjang ikatan antara 154-171 pm. Sudut Si-O-Si\_ juga bervariasi dari nilai rendah  $140^\circ$  pada  $\alpha$ -tridimit hingga  $180^\circ$  pada  $\beta$ -tridimit. Dalam  $\alpha$  - kuarsa, sudut Si - O - Si adalah  $144^\circ$  (Moosa et al., 2017)

### 3. Zeolit

Zeolit adalah silikat aluminium hidrat dan logam alkali atau alkali tanah dengan kerangka tiga dimensi yang tersusun dari senyawa tetrahedral  $\text{AlO}_4$  dan  $\text{SiO}_4$  (Saputra, 2006).

Zeolit yang terjadi secara alami di berbagai wilayah di permukaan bumi sebagai mineral *faujasite*, *offerite*, *analcime*, *erionite*, *modernite*, *cabazite*, *elinoptilolite*, *phillipsite* dan campuran

dari mineral-mineral tersebut. Sampai saat ini, 34 jenis zeolit dikenal. Zeolit alam terbentuk dari batuan dan sisa vulkanik yang telah mengalami alterasi hidrotermal pada suhu tinggi, garam logam alkali tanah, dan pH tinggi. Zeolit alam juga terdapat di beberapa daerah di Indonesia seperti Pacitan, Jawa Barat dan Lampung (Widianti et al., 2006)

#### **4. Komposit**

Komposit berasal dari kata *to compose* artinya menggabungkan. Penggabungan dua atau lebih material yang memiliki karakteristik berbeda dan membentuk material baru pada skala makroskopis disebut dengan komposit (Bambang, 2000).

Komposit menjadi alternatif pengganti logam, hal ini dipengaruhi oleh sifat komposit serat yang kuat dan mempunyai berat yang relatif ringan bila dibandingkan dengan logam. Menurut Oroh (2013) untuk meningkatkan kekuatan mekanik diberikan bahan pengisi (*filler*) berupa serat ataupun serbuk. Komposit yang sering digunakan atau paling banyak digunakan adalah komposit dengan berpenguat (*filler*) serat.

Material komposit memiliki keunggulan yaitu terletak pada penggabungan unsur-unsur dari tiap unsur pembentuknya, sifat material komposit dari hasil penggabungan bahan dapat saling menutupi kekurangan pada tiap masing-masing material pembentuknya. Jones (1975) dalam Pratiwi (2015) menyebutkan sifat - sifat yang dapat diperbaharui diantaranya adalah

- a. Kekakuan (*Stiffness*)
- b. Kekuatan (*Strenght*)
- c. Ketahanan gesek (*Wear Resistance*)
- d. Ketahanan Korosi (*Corrosion Resistance*);
- e. Berat (*Weight*)

Ada lima jenis material komposit yang dibedakan menurut bentuk dan struktur penyusunnya.

a. *Particulate Composite*

*Particulate Composite* adalah material komposit yang bahan penguatnya (*filler*) berbentuk partikel atau butiran

b. *Flake Composite*

*Flake Composite* merupakan komposit dengan penambahan material berupa serpihan pada kompositnya seperti mika, glass, dan metal. Komposit ini pada umumnya menggunakan

bahan penguat yang di distribusikan ke dalam matrik, sehingga komposit yang dihasilkan cenderung lebih bersifat *isotropis* dari pada *anisotropis*.

c. *Filled Composite*

*Filled Composite* adalah komposit yang didalamnya terdapat partikel dengan tujuan hanya untuk memperbesar volume material dan bukan untuk digunakan sebagai penguat. Di dalam *filled composite* biasanya diberi tambahan material atau *filler* pada matriknya.

d. *Laminate Composite*

*Laminate Composite* merupakan komposit dengan jumlah susunan lapisan dua atau lebih lapisan, dimana pada tiap lapisan dapat berbeda- beda dalam hal material, bentuk, dan orientasi penguatnya. Komposit serat lamina adalah jenis yang banyak digunakan dalam pengaplikasiannya terutama dalam lingkup otomotif dan industri.

e. *Fibrous Composite*

*Fibrous Composite* merupakan komposit yang terdiri dari satu lapisan yang menggunakan penguat (*filler*) berupa serat, dan serat yang

pada umumnya digunakan adalah serat glass, serat karbon, serat alam. Serat dapat disusun *random* ataupun secara orientasi tertentu. *Fibrous Composite* merupakan jenis komposit yang sangat sering dan sangat banyak digunakan dalam pengaplikasian. Hal tersebut dikarenakan pada komposit jenis ini memiliki sifat kekuatan mekanik yang baik.

## 5. Metode Sol-Gel

Metode sol-gel merupakan metode untuk menghasilkan material oksida logam berukuran nano. Garam adalah suspensi koloid yang fase terdispersinya berupa padatan dan fase terdispersinya berupa cairan koloid. Gel (gelasi) adalah jaringan partikel atau molekul padat dan cair di mana polimer dalam larutan digunakan sebagai tempat pertumbuhan zat anorganik. Pertumbuhan anorganik terjadi pada titik gelasi yang energi ikatnya lebih rendah (Astiti & Sudiarta, 2016).

Metode sintesis bahan berbasis oksida berbeda menurut bahan awal dan bentuk produk akhir, apakah itu bubuk, film, aerogel, atau serat.



Struktur dan sifat fisik gel bergantung pada banyak faktor, antara lain (Azimi, 2013):

- a) Pemilihan bahan baku material
- b) Laju hidrolisis dan kondensasi
- c) Modifikasi kimiawi dari sistem sol-gel.

Metode sol-gel dikenal sebagai metode sintesis nanopartikel yang cukup sederhana dan mudah. Proses sol-gel sendiri didefinisikan sebagai suatu proses dimana senyawa anorganik dibentuk melalui reaksi kimia dalam larutan pada suhu rendah, dimana terjadi perubahan fasa dari suspensi koloid (garam) menjadi fasa cair (gel) yang kontinyu. Metode sol-gel sendiri meliputi beberapa tahapan yaitu (Arie Ardiansyah, 2015):

#### 1. Hidrolisis

Pada tahap pertama, logam prekursor (alkoksida) yang dilarutkan ke dalam alkohol akan terhidrolisis dengan penambahan air pada kondisi asam, netral atau basa dan menghasilkan sol koloid.

Katalis yang digunakan pada proses hidrolisis adalah jenis katalis asam atau katalis basa, namun proses hidrolisis juga dapat berlangsung tanpa menggunakan katalis.

Dengan adanya katalis maka proses hidrolisis akan berlangsung lebih cepat dan konversi menjadi lebih tinggi (Azimi, 2013).

## 2. Kondensasi

Pada tahap ini, merupakan proses transisi dari sol menjadi gel. Reaksi kondensasi yang melibatkan ligan hidroksil untuk menghasilkan polimer dengan ikatan MO-M.

Gel dapat dibuat dari campuran air alkoksida logam tanpa menambahkan pelarut, karena alkohol yang dihasilkan sebagai produk dari reaksi hidrolisis cukup untuk menghomogenkan pada tahap awal sistem pemisahan. Perlu dicatat bahwa alkohol bukan hanya pelarut (Azimi, 2013).

## 3. Pematangan (*Aging*)

Setelah reaksi hidrolisis dan kondensasi, dilanjutkan dengan proses pematangan gel yang terbentuk. Proses ini lebih dikenal dengan nama proses pematangan (*aging*). Pada proses pematangan ini, terjadi reaksi pembentukan jaringan gel yang lebih kaku, kuat dan menyusut di dalam larutan (Azimi, 2013).

#### 4. Pengeringan

Tahap terakhir pada proses sol-gel adalah proses penguapan larutan dan cairan yang tidak diinginkan. Pada tahap ini bertujuan untuk mendapatkan struktur sol-gel yang memiliki luas permukaan yang tinggi. Pada tahap ini biasanya dapat dilakukan pada suhu di atas 100°C yang bertujuan untuk menguapkan sisa-sisa atom karbon dan hidrat (Azimi, 2013).

#### 6. Adsorpsi

Adsorpsi didefinisikan sebagai proses dimana molekul adsorben diadsorpsi pada permukaan padat atau cair. Keyser menggunakan istilah adsorpsi untuk pertama kalinya pada tahun 1881. Selama adsorpsi, molekul yang teradsorpsi menahan molekul lain di dalamnya sehingga kemudian terakumulasi membentuk lapisan multimolekul.

Gaya-gaya yang terlibat dalam adsorpsi bergantung pada sifat kimia permukaan dan struktur spesies yang teradsorpsi. Adsorpsi dapat dibagi menjadi dua jenis utama, yaitu adsorpsi kimiawi (*chemisorption*) dan adsorpsi fisik

(*physiological adsorpsi*). Gaya yang ada dalam adsorpsi fisik relatif lemah dan dikenal sebagai gaya van der Waals. Dalam adsorpsi kimia, molekul yang teradsorpsi disatukan oleh gaya kovalen, seperti yang terjadi pada atom molekul.

Proses adsorpsi merupakan salah satu perpindahan massa yang melibatkan kontak antara fluida (cair atau gas) dengan fasa padat dengan arah perpindahan massa dari fluida ke permukaan padatan. Proses pengeringan dan leaching merupakan kebalikan proses adsorpsi, yaitu dengan arah perpindahan massa masing-masing dari fasa padat ke fasa gas dan fasa cair.

Ada dua jenis adsorpsi yaitu adsorpsi fisik dan adsorpsi kimia. Pada adsorpsi fisik, adsorpsi disebabkan oleh gaya van der Waals yang ada pada permukaan adsorben. Dalam kasus tertentu, gas teradsorpsi utuh pada permukaan adsorben.

Sifat adsorpsi fisik yang berbeda meliputi:

- a. Gas mengembun di permukaan padatan pada tekanan yang relatif rendah dan suhu yang sesuai.
- b. Panas kondensasi lebih besar dari panas penguapan (laten).

- c. Prosesnya bisa reversibel (reversibel).
- d. Temperatur adsorpsi yang relatif rendah.

Karakteristik yang berbeda dari adsorpsi kimia meliputi:

- a. Gaya adsorpsi disebut adsorpsi aktif.
- b. Kalor reaksi relatif lebih besar dari dibandingkan dengan panas adsorpsi fisik.
- c. Proses ini tidak reversibel dan berlaku untuk semua gas.
- d. Biaya gaya perekat jauh lebih tinggi dibandingkan dengan adsorpsi fisik
- e. Laju adsorpsi relatif cepat dan digunakan dalam berbagai reaksi kimia yang melibatkan katalis.

Menurut Orthman (2000), adsorpsi biasanya dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain:

- a. Adsorben  
Setiap jenis adsorben memiliki sifat masing-masing. Adsorben yang baik untuk menyerap satu zat belum tentu baik untuk menyerap zat lain.
- b. Adsorbat  
Teradsorpsi dalam bentuk elektrolit dan non-elektrolit. Untuk elektrolit, adsorpsinya tinggi

karena mudah terionisasi, sehingga molekul-molekulnya saling menarik, untuk non-elektrolit, adsorpsinya rendah karena tidak mengalami ionisasi.

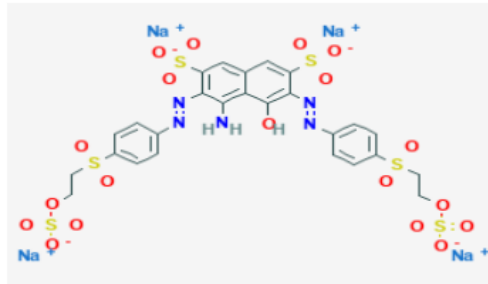
c. Luas permukaan adsorben

Proses adsorpsi tergantung pada jumlah tumbukan antara partikel adsorbat dan adsorben. Tumbukan efektif antar partikel meningkat dengan bertambahnya luas permukaan. Semakin besar permukaan adsorben, semakin besar daya serapnya, karena kemungkinan terjadinya adsorpsi juga semakin besar. Oleh karena itu, semakin halus adsorben maka semakin besar daya serapnya (Ghozali, 1996).

## 7. **REMAZOL BLACK B**

*Remazol black b* (RBB) adalah pewarna azo dengan rumus kimia  $C_{26}H_{21}N_5Na_4O_{19}S_6$ . Remazol Black B juga dikenal sebagai *reactive black 5*, *Remazol black gf*, *diamir Blak b* dan *sumifix black b*. Berat molekul RBB adalah 991,8 g/mol. Nama IUPAC untuk unit Remat b adalah tetrasodium 4-amino-5-hidroksi-3,6-bis[[4(2sulfonatoksi

etilsulfonil)fenil]diazenil]naftalena-2,7-disulfonat.  
Struktur RBB dapat dilihat pada gambar 2



**Gambar 2.1.** Struktur Dimensi RBB

RBB merupakan salah satu zat warna sintetis yang paling banyak digunakan dalam industri pewarnaan. Zat warna ini sangat mudah larut dalam air dan memiliki gugusgugus reaktif yang dapat membentuk ikatan kovalen antara zat 36 warna dengan substratnya. RBB merupakan pewarna yang sering digunakan pada kain katun dan serat selulosa lainnya seperti wol dan nilon. RBB membentuk ikatan kovalen dengan serat gugus-gugus reaktif, misalnya azo, *antraquinon*, *triaril metana*, *formazan*, *oxazin* dan lain sebagainya (Shah & Patel, 2014).

RBB adalah salah satu pewarna sintetis yang paling umum digunakan dalam industri cat. Pewarna ini sangat larut dalam air dan memiliki

gugus reaktif yang dapat membentuk ikatan kovalen antara pewarna dan substrat. RBB adalah pewarna yang biasa digunakan pada kain katun dan serat selulosa lainnya seperti wol dan nilon. RBB membentuk ikatan kovalen dengan serat gugus reaktif seperti azo, *anthraquinone*, *triarylmethane*, *formazan*, *oxazine*, dll (Shah & Patel, 2014).

RBB termasuk dalam kelompok pewarna azo. Zat warna azo merupakan zat warna yang paling penting dalam industri tekstil (80%) dan tergolong zat warna yang tidak dapat terdegradasi (Dewi & Lestari, 2010). Pewarna azo mengandung gugus kromofor yang berperan sebagai donor elektron pada ikatan rangkap, sehingga dapat menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu.

Drumond Chequer et al., (2011) menyatakan bahwa pewarna azo berdisosiasi dari pasangan amina menjadi senyawa organik dengan satu atau lebih gugus  $-N=N$  yang melekat pada cincin aromatiknya dan larut dalam air. Pewarna gugus azo memiliki kromofor  $N=N$  yang merupakan donor warna. Adanya aukokrom yang terikat pada



kromofor akan mengikat warna dengan kuat pada bahan dan sulit hilang dalam air (Dewi & Lestari, 2010).

RBB adalah pewarna reaktif azo yang dapat membahayakan jika masuk ke dalam tubuh dan terakumulasi dalam jangka waktu yang lama. Enzim azo-37-reduktase dapat mereduksi senyawa azo dalam tubuh manusia menjadi benzidin dan arilamin yang dapat menyebabkan alergi kulit dan memicu sel kanker kandung kemih. Pewarna azo tertentu bisa beracun dan karsinogenik. Secara biologis, mikroorganisme, fungi, kapang dan sebagainya dapat mendegradasi zat warna azo. Namun, ini membutuhkan biaya tinggi dan proses yang panjang. Degradasi zat warna azo secara anaerobik oleh mikroorganisme dapat menghasilkan senyawa amina aromatik, seperti kloroanilin, yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti penyakit saluran pernafasan dan kencing (Mahreni, 2016; Suhendra & Kardena, 2013).

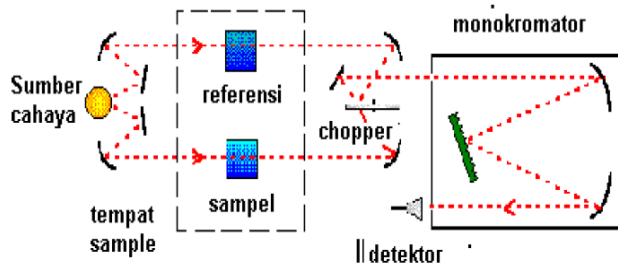
## B. Karakterisasi

### 1. *Fourier Transform Infrared (FTIR)*

Fourier Transform Infrared (FTIR) adalah perangkat untuk mengukur jumlah radiasi infra merah. Spektrofotometer FTIR banyak digunakan untuk mempelajari material komposit, khususnya senyawa organik, dengan menganalisis struktur atau gugus fungsinya. Ketika radiasi infra merah melewati sebuah molekul, molekul tersebut menyerap sebagian energi radiasi, menyebabkan ikatan molekul bergetar atau berosilasi. Berbeda dengan serapan ultraviolet, di mana energi cukup untuk membangkitkan elektron ke orbit energi yang lebih tinggi, radiasi infra merah tidak memiliki energi yang cukup untuk membangkitkan elektron.

Dengan demikian, serapan infra merah dengan energinya hanya mampu menimbulkan getaran dari atom-atom yang saling berhubungan dalam suatu molekul, dimana suatu jenis ikatan atau gugus fungsi tertentu mengadsorpsi radiasi infra merah pada panjang gelombang tertentu atau tertentu (Sari, 2010).

Di bawah ini adalah skema instrumen FTIR.

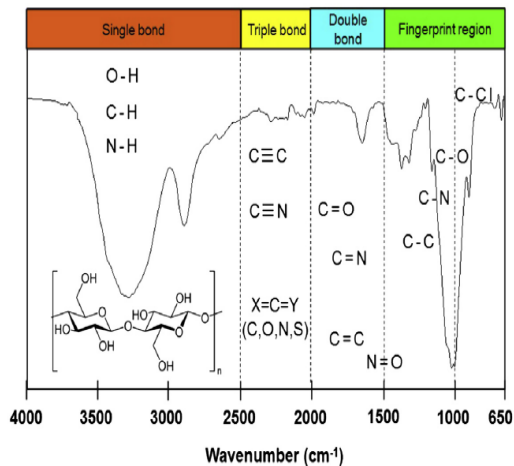


**Gambar 2.2.** Skema Instrumen FTIR

(Dachriyanus, 2004).

FTIR lebih banyak digunakan untuk mempelajari molekul organik, terutama di mana molekul dapat mengalami dua jenis perubahan, yaitu vibrasi ulur yang menyebabkan perubahan panjang ikatan, dan vibrasi tekukan yang menyebabkan perubahan sudut ikatan. Perubahan panjang ikatan biasanya terjadi pada energi atau frekuensi tinggi karena peregangan membutuhkan lebih banyak energi daripada pembengkokan. Berdasarkan hukum Hooke, peningkatan massa atom menyebabkan atom bergetar pada frekuensi yang lebih rendah atau energi yang lebih rendah (Khan et al., 2018).

Spektrum elektromagnetik dari inframerah terbagi dalam tiga diantaranya inframerah dekat (*overtone region*) berkisar pada  $0,8-2,5\mu\text{m}$  ( $12500-4000\text{ cm}^{-1}$ ), inframerah menengah (*vibration-rotation region*) berkisar pada  $2,5-50\mu\text{m}$  ( $4000-200\text{ cm}^{-1}$ ), dan inframerah jauh (*rotation region*) berkisar  $50-1000\mu\text{m}$  ( $12500-4000\text{ cm}^{-1}$ ). Bagian utama untuk tujuan analisis berkisar  $2,5-25\mu\text{m}$  (Vogel, 1989). Umumnya, spektra inframerah untuk identifikasi molekul organik terbagi ke dalam empat bagian seperti terdapat pada gambar 2.1, diantaranya sebagai berikut



**Gambar 2.3.** Daerah Spektra FTIR (Khan et al., 2018).

**Tabel 2.1** Range panjang gelombang berbagai gugus fungsi (Sumber: Khan et al., 2018)

Range (cm <sup>-1</sup> )	Functional Group
3700-3200	Gugus -OH
3300-2900	Regangan C-H
2950-2850	Ulur -C-H
3000-2700	Regangan -C-H dari CH <sub>3</sub>
2400-2100	Regangan C=C
1675-1500	Cincin aromatic C=C
1475-1300	Lentur C-H
1300-1370	Senyawa Nitro
1100-1000	Ulur asimetris Si-O dari ≡Si-O-Si≡
1000-650	Lentur C=C-H

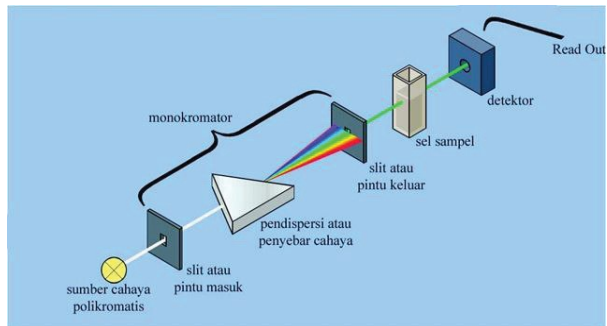
Perubahan momen pengikat mempengaruhi jumlah energi yang diserap. Semakin besar perubahan torsi pengikatan, semakin besar penyerapan energi. Pada ikatan non-polar (misalnya ikatan C-C), momen ikatan tidak berubah, sehingga ikatan non-polar biasanya memiliki penyerapan energi yang lemah atau tidak menyerap radiasi infra merah. Berbeda dengan ikatan polar seperti ikatan C=O yang memiliki daya serap energi yang kuat (Sari, 2010).

## 2. UV-Vis

Spektrofotometer UV-Vis adalah pengukuran berdasarkan penyerapan sinar ultraviolet dan sinar tampak oleh sampel pada panjang gelombang

tertentu. Sinar ultraviolet tampak memiliki sejumlah energi untuk membangkitkan elektron valensi ke tingkat energi yang lebih tinggi. Spektrum UV-Vis digunakan untuk analisis kuantitatif molekul anorganik dan kompleks dalam larutan. Konsentrasi suatu analit dalam suatu larutan dapat ditentukan dengan mengukur nilai absorbansi pada panjang gelombang tertentu dengan menggunakan hukum Lambert-Beer (Dachriyanus, 2004).

Sinar ultraviolet memiliki panjang gelombang 200-400 nm, sedangkan cahaya tampak memiliki panjang gelombang 400-800 nm. Spektrofotometer UV-Vis single-beam umumnya digunakan untuk analisis kuantitatif dengan mengukur absorbansi pada panjang gelombang tunggal. Keuntungan menggunakan tipe balok tunggal adalah murah dan sederhana. Instrumen tipe sinar tunggal biasanya digunakan untuk pengukuran dalam cahaya tampak dan ultraviolet. Panjang gelombang terkecil bervariasi antara 190-210 nm dan terbesar antara 800-1000 nm (Skoog et al., 2000). Diagram alat spektrofotometer UV-Vis tipe *single-beam* ditunjukkan pada gambar 2.3.



**Gambar 2.4** Diagram alat spektrofotometer UV-Vis (*single beam*)

Spektrofotometri UV-terlihat mencakup bagian instrumen berikut:

- a. Sumber radiasi adalah sumber cahaya warna-warni dengan rentang panjang gelombang yang lebar.
- b. Panjang gelombang yang mengubah cahaya dari sumber cahaya multi-warna menjadi cahaya monokromatik.
- c. Ruang sampel adalah tempat meletakkan sampel UV, VIS dan UV-VIS dengan menggunakan kuvet sebagai tempat sampel.
- d. Detektor bekerja dengan cara menangkap cahaya yang berasal dari sampel dan mengubahnya menjadi arus listrik (Suhartati, 2017).

Spektrofotometri UV-Visible dapat digunakan pada sampel gas, larutan, maupun sampel uap. Adapun pada sampel larutan, pelarut yang digunakan harus dapat

menjadikan sampel terlarut sempurna, struktur molekul pelarut tidak memiliki ikatan rangkap terkonjugasi pada dan tidak berwarna, tidak terdapat interaksi terhadap senyawa yang akan dianalisis, serta memiliki kemurnian tinggi (Suhartati, 2017).

### 3. *X-Ray Fluorescence (XRF)*

*X-ray fluorescence (XRF)* adalah teknik analitik non-destruktif yang digunakan untuk mendeteksi dan menentukan konsentrasi unsur sampel padat, bubuk atau cair. XRF dapat mengukur elemen dari berilium (Be) untuk melacak jumlah uranium, bahkan di bawah level ppm. Secara umum, spektrometer XRF mengukur panjang gelombang masing-masing komponen material berdasarkan emisi fluoresensi yang dihasilkan oleh sinar-X dari sampel (PANalytical, 2009).

Metode XRF banyak digunakan untuk menentukan komposisi unsur suatu bahan. Karena cepat dan tidak merusak sampel, ini merupakan metode pilihan untuk penanganan material untuk aplikasi lapangan dan industri. Bergantung pada aplikasinya, XRF dapat diproduksi tidak hanya oleh sinar-X, tetapi juga oleh sumber eksitasi primer lainnya seperti partikel alfa, proton, atau sumber



elektron berenergi tinggi (Jamaluddin et., 2016).

Ketika sinar-X primer dipancarkan dari tabung sinar-X atau sampel terkena sumber radioaktif, bahan tersebut dapat menyerap atau menyebarkan sinar-X. Proses di mana atom menyerap sinar-X, mentransfer energinya ke elektron di kulit yang lebih dalam, disebut efek fotolistrik. Dalam proses ini, ketika sinar-X primer memiliki energi yang cukup, elektron bergerak dari bagian dalam, menciptakan elektron bebas. Kesenjangan ini menyebabkan keadaan atom yang tidak stabil. Ketika atom kembali ke keadaan stabil, elektron dari kulit terluar berpindah ke kulit yang lebih dalam, dan proses ini menghasilkan energi. sinar-X tertentu dan berbeda antara dua energi pengikat kulit. Sinar-X disebabkan oleh proses yang disebut *X-ray fluorescence* (XRF). Proses pendeteksian dan analisis sinar-X disebut analisis XRF (Gosseau, 2009).

#### **4. *X-ray Diffraction* (XRD)**

Analisis struktur kristal dilakukan dengan menggunakan peralatan *X-ray diffraction* (XRD). XRD adalah salah satu metode karakterisasi material tertua dan paling banyak digunakan hingga saat ini. Teknik ini digunakan untuk identifikasi material

berdasarkan fase kristal material untuk menentukan parameter kisi dan mendapatkan ukuran partikel material (Auda, 2009).

Metode XRD didasarkan pada fakta bahwa pola difraksi sinar-X dari setiap bahan kristal adalah karakteristik. Jadi, jika pencocokan tepat dapat dilakukan antara pola difraksi sinar-X dari sampel yang tidak diketahui dan pola difraksi sinar-X dari sampel yang diketahui, identitas sampel yang tidak diketahui dapat diketahui (Skoog dan Leary, 1992).

Difraksi sinar-X dihasilkan dari hamburan elastis foton sinar-X dari atom dalam kisi periodik. Hamburan sinar-X monokromatik fase tunggal menghasilkan interferensi konstruktif. Dasar-dasar menggunakan XRD kisi kristal berdasarkan persamaan *Bragg* (Ismunandar, 2006):

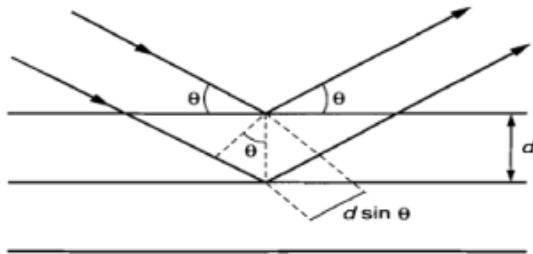
$$2d \cdot \sin\theta = \lambda \text{ dimana :} \quad (2.1)$$

$d$  = jarak antara dua bidang kisi (nm)

$\theta$  = sudut antara sinar datang dan garis normal

$\lambda$  = panjang gelombang sinar-X yang digunakan (nm)

Proses pembentukan puncak difraksi dalam XRD ditunjukkan di bawah ini.



**Gambar 2.5** Proses Pembentukan Puncak  
Pada XRD.

Berdasarkan persamaan *Bragg*, ketika sinar-X mengenai sampel kristal, bidang kristal akan membiaskan sinar-X dengan panjang gelombang yang sama dengan jarak kisi kristal. Detektor menangkap cahaya yang dibiaskan dan kemudian menafsirkannya sebagai puncak difraksi. Semakin banyak daerah kristal yang sama dalam sampel, semakin kuat intensitas pembiasan yang dihasilkan. Setiap puncak pada pola XRD merepresentasikan puncak bidang kristal dengan orientasi tertentu pada sumbu tiga dimensi (Auda, 2009).

### C. Kajian Riset Relevan

Bramantya et al (2018), melakukan sintesis dan karakterisasi silika aerogel hidrofobik dan oleofilik dari pasir laut sebagai penyerap tumpahan minyak. Pada penelitian ini digunakan beberapa

variabel perbandingan pembuatan natrium silika aerogel dari pasir laut yaitu penambahan TEOS dan heksan dengan perbandingan volume 1:1, 1:2 dan 1:3, sedangkan penambahan etanol konsentrasi volume 10%, 20% dan 30% divariasikan dengan detail. Silika aerogel yang dibuat dengan berbagai perbandingan ditemukan pada sampel 2 dengan menambahkan TEOS dan heksana hingga perbandingan 1:2 dan etanol 20% memiliki sudut kontak  $143,95^\circ$ , sedangkan pada sampel uji serapan minyak kemampuan menyerap minyak sebesar 13,98 g/g. silika aerogel.

Yuniariky dkk (2021), melakukan penelitian dengan nanokomposit silika aerogel- karbon aktif disintesis dengan metode sol-gel dan pengeringan pada tekana ambient dengan bahan dasar abu bagasse. Sintesis diaplikasikan untuk adsorpsi *remazol red* dengan variasi pH, waktu kontak, suhu, dan konsentrasi. Menunjukkan waktu kontak optimum 80 menit, massa adsorben 0,01 gram dan konsentrasi *remazol red* 40 mg/L pada pH 2 yaitu 3,9375 mg/g. kapasitas adsorpsi menurun seiring bertambahnya pH dan suhu serta meningkat seiring bertambah konsentrasi.

Yanru Lu dkk (2018), pada penelitian yang berjudul *silica aerogel thermal and acoustic insulation materials*. Dalam penelitian ini silika aerogel disintesis dengan metode sol-gel dan variasi 2 sampel diantaranya menggunakan selulosa *methyltriethoxysilane* (MTES) dan limbah padat (*fly ash*). Pertama pembuatan silika aerogel dari selulosa *methyltriethoxysilane* (MTES) dan dikarakterisasi dengan termogravimetri, adsorpsi-desorpsi nitrogen, sudut kontak dan konduktivitas termal, aerogel yang didapatkan menunjukkan hasil yang fleksibel dengan modulus kompresi Young 0,33 Mpa dan densitas 0,132 g/cm<sup>3</sup> dan bersifat hidrofobik dan konduktivitas termal yang rendah, kedua silika aerogel dari limbah padat (*fly ash*) didapatkan aerogel dapat dimanfaatkan dalam aplikasi lingkungan untuk menyerap minyak agar tidak mengalir ke permukaan.

Hong-xin Shi dkk (2014), pada penelitian yang berjudul *preparation of silica aerogel and its adsoption performance to organic molecule*. Dalam penelitian ini silika hidrofobik dan hidrofilik dibuat dari *water glass* dengan pembentukan gel, dikeringkan dibawah tekanan atmosfer, dan dikarakterisasi dengan FTIR

dan SEM. Pada pH 6 gel terbentuk dan didapatkan kerapatan silika aerogel paling rendah, namun penggunaan TEOS dapat meningkatkan konsentrasi larutan menjadi 25%v dan menurunkan densitas aerogel menjadi 0,093 g/cm. Silika aerogel yang didapatkan dapat mengadsorpsi pelarut dari air limbah dengan menyesuaikan tegangan permukaan air limbah menjadi lebih rendah dari adsorben.

Phutkam dkk (2023), pada penelitian yang berjudul *nano-structured porous carbon-silika composite derived from low-cost kapok fiber and TEOS*. Dalam penelitian ini Serat kapuk dicampur dengan TEOS dan methanol didapatkan pori-pori karbon-silika yang tinggi. Silika gel yang dihasilkan diinkubasi, pergantian pelarut dan pengeringan dengan tekanan yang cukup tinggi didapatkan luas permukaan tertinggi 753 m<sup>2</sup>/g dengan ukuran pori-pori 5,5 nm. Luas permukaan karbon silika-komposit setelah adsorpsi sekitar 4,2–7,8 nm, serat kapuk menunjukkan bahwa volume dan suhu berperan penting dalam sifat mikrostruktur material komposit karbon silika-komposit.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia UIN Walisongo Semarang, uji karakterisasi XRF dilakukan di Laboratorium Metalurgi UI dan uji karakterisasi XRD dan FTIR dilaksanakan di Laboratorium MIPA UNS, dimulai pada bulan Agustus 2021 s.d Juni 2022.

#### **B. Alat dan bahan**

##### **1. Alat**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: ayakan mesh dengan ukuran 80 mesh, gelas beker 600 ml, kertas saring, furnace, gelas kimia 250 ml, Erlenmeyer 250 ml, cawan porselin, timbangan analitik, labu ukur 50 ml, hot plate, batang pengaduk, spatula, pipet volume, thermometer, pH universal, dan oven. Peralatan instrumen meliputi, Bruker XRF S2Puma XY Autochanger, spektrofotometer FT-IR Shimadzu, UV-Vis merk Thermo Scientific Orion AquaMate 8000 dan *X-ray Diffraction* (XRD) Merk PANalytical.

## 2. Bahan

Sampel yang digunakan adalah pasir pantai hitam yang diambil dari Pantai Tirang Desa Tambakrejo Kec.Tugu Kota.Semarang akan dilakukan uji XRF (fluoresensi sinar X) untuk mengetahui komposisi sampel pasir (Bramantya et al., 2018) dan zeolit. Reagen kimia yang digunakan yaitu HCl Merck 3M, NaOH Pa Merck, CH<sub>3</sub>COOH Merck 3M, NH<sub>4</sub>OH teknis 1M, TEOS (*Tetraethylorthosilicate*), heksana, etanol 30%, dan air demineralisasi.

## C. Metode

### 1. Pembuatan Natrium Silikat

Sebanyak 200 gram pasir laut diayak terlebih dahulu supaya ukurannya seragam kemudian direndam dengan 100 mL HCl 3M selama 20 jam untuk menghilangkan pengotor, lalu dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 100°C selama 2 jam kemudian pasir dicampur dengan NaOH dengan perbandingan massa 1:2 lalu dilebur dengan furnace dengan suhu 500°C selama 30 menit. Dihasilkan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> padatan yang didapatkan dari proses furnace, kemudian



direndam dengan air demineralisasi sebanyak 200 mL selama 12 jam (Ayu et al., 2013).

## 2. Sintesis adsorben Komposit Silika-Zeolit

Natrium Silikat diubah menjadi silika dengan penurunan pH menjadi 4 dengan penambahan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  3M, kemudian pH dinaikan menjadi 6 dengan menambahkan  $\text{NH}_4\text{OH}$  1M. pada pH 6 terbentuk silika gel. Sebanyak 50mL silika gel dicampurkan dengan TEOS dan heksana (perbandingan volume 1:2) selama 10 jam dengan suhu ruang sehingga diperoleh asam silikat (Bramantya et al., 2018). Setiap 10mL silika ditambahkan zeolit dengan massa 0; 0,01; 0,03 dan 0,06 gram kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit. Direndam dengan etanol 30% selama 12 jam. Setelah itu hidrogel, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu  $80^\circ\text{C}$  selama 24 jam (Yuniarizky dkk., 2021). Sampel yang sudah didapatkan dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer FT-IR untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk dan *X-ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui fase kristal padatan yang terbentuk (Nazriati dkk., 2011).

### 3. Pembuatan Larutan Induk *Remazol Black B* 1000 ppm.

Larutan induk RBB 1000 ppm dibuat dengan cara melarutkan serbuk RBB kedalam aquades dengan massa yang dibutuhkan. Massa serbuk remazol black b yang dibutuhkan dihitung dengan rumus berikut.

$$\text{ppm} = \frac{\text{Massa zat terlarut (mg)}}{\text{Volume Larutan (L)}} \quad (3.1)$$

dimana ppm adalah konsentrasi yang akan dibuat (mg/L).

Sebanyak 1 gram serbuk RBB dilarutkan kedalam aquades 1000 mL hingga tanda batas. Larutan kemudian dikocok hingga homogen.

### 4. Penentuan Kondisi Optimum Penyerapan Zat Warna oleh Adsorben

#### a. Penentuan Konsentrasi Optimum

Konsentrasi awal RBB optimal ditentukan dengan bervariasi konsentrasi awal RBB. Awalnya, 20 ml RBB disiapkan dengan konsentrasi awal yang berbeda yaitu 5, 10, 20, 30, 40, 50, 75 dan 100 ppm. gelas kimia 50 mL. Kemudian ditambahkan 0,02 gram adsorben komposit silika-zeolit ke dalam masing-masing 20 mL RBB yang telah disiapkan. kemudian diaduk dengan magnetic

stirrer, kemudian disaring dan diambil filtrat untuk dianalisa menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

#### **b. Penentuan Waktu Kontak Optimum**

Waktu kontak optimal ditentukan dengan menvariasikan waktu kontak interaksi antara sampel limbah RBB dengan adsorben komposit silika-zeolit. Adsorben komposit silika-zeolit dengan massa 0,01 gram ditambahkan ke dalam 10 mL limbah RBB 100 ppm dalam gelas beker 50 mL. Kemudian campuran diaduk dengan *magnetik stirrer* dengan variasi waktu kontak 10, 30, 60, 90, 120 dan 150 menit. Campuran yang telah diaduk selanjutnya disaring, lalu diambil filtratnya untuk kemudian dianalisa menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi pemaparan dan pembahasan hasil penelitian, meliputi preparasi, karakterisasi adsorben komposit silika-zeolit, uji adsorpsi serta optimasi penyerapan adsorben komposit silika-zeolit terhadap zat warna *remazol black b*. Karakterisasi adsorben komposit silika-zeolit dilakukan menggunakan spektrofotometer *Fourier Transform Infrared* (FTIR) untuk mengidentifikasi gugus-gugus aktif yang terdapat pada adsorben dan *X-ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui struktur kristal dari komposit. Optimasi penyerapan zat warna *remazol black b* oleh adsorben komposit silika-zeolit meliputi optimasi konsentrasi dan waktu.

#### **A. Karakterisasi komposisi kandungan pasir pantai**

Pasir pantai yang diambil sebagai sumber silika adalah dari pasir pantai Tirang yang berada di Kec.Tugu Kota Semarang. Pasir yang diambil diayak untuk ukuran yang sama kemudian diuji dengan instrumen XRF untuk mengetahui komposisi dari pasir. Hasil analisis XRF dapat dilihat pada tabel 4.1

**Tabel 4.1.** Komposisi pasir pantai

No	Kandungan	Persentase (%w)
1	SiO <sub>2</sub>	96.900 %
2	K <sub>2</sub> O	1.200 %
3	CaO	0,60 %
4	TiO <sub>2</sub>	0,766 %
5	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,007 %
6	MnO	0,028 %
7	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,431%
8	NiO	0,01%
9	CuO	0,035%

Pasir pantai digunakan sebagai bahan baku natrium silikat dikarenakan memiliki kandungan silika yang besar. Pada pengujian didapat kandungan sebesar 96,9%. Hal ini sesuai dengan kandungan SiO<sub>2</sub> yang berada di Indonesia yaitu sekitar 55,3-99,87% (Lukman, Bisri ., 1992).

## **B. Pembuatan natrium silikat**

Sebanyak 200 gram pasir laut diayak dengan ukuran 100 mesh terlebih dahulu supaya ukurannya seragam. Kemudian direndam dengan 100 mL HCl 3M selama 20 jam untuk menghilangkan pengotor pada pasir pantai. Dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 100°C selama 2 jam kemudian pasir dicampur dengan padatan NaOH dengan perbandingan massa 1:2 lalu dilebur dengan furnace dengan suhu 500°C selama 30 menit. Penambahan NaOH berfungsi

sebagai agen pelebur. Dihasilkan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  padatan yang didapatkan dari proses furnace, kemudian direndam dengan air demineralisasi sebanyak 200 mL selama 12 jam didapatkan larutan natrium silikat dengan warna putih keruh.

### **C. Sintesis adsorben Komposit Silika-Zeolit**

Natrium silikat yang didapatkan memiliki pH awal 11, kemudian diubah menjadi silika dengan menurunkan pHnya menjadi 4 dengan menambahkan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  3M untuk membantu pembentukan silika. Kemudian pH dinaikkan menjadi 6 dengan menambahkan  $\text{NH}_4\text{OH}$  1M pada pH 6 mulai untuk membentuk silika gel.

Sebanyak 50mL silika gel dicampurkan TEOS dan heksana dengan perbandingan volume 1:2 selama 10 jam pada suhu ruang sehingga terbentuk silika. Setiap 10mL silika ditambahkan dengan zeolit dengan massa 0; 0,01; 0,03 dan 0,06 gram kemudian dipanaskan dengan suhu  $80^\circ\text{C}$  selama 8 jam. Pemanasan ini dilakukan untuk pembentukan komposit.

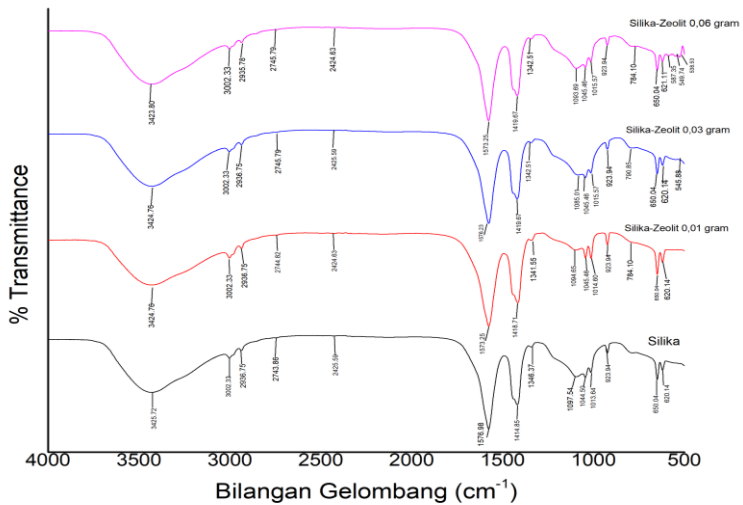
Kemudian komposit yang dihasilkan direndam dengan etanol 30% selama 12 jam untuk meningkatkan luas permukaan komposit silika-zeolit,

kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama 12 jam. Sampel yang dihasilkan berbentuk serbuk putih kecoklatan. Sampel yang sudah didapatkan kemudian dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer FT-IR untuk mengetahui gugus fungsi dan *X-ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui fase kristal padatan.

#### **D. Karakterisasi Gugus Fungsi Adsorben Menggunakan Spectrometer *Fourier Transform Infrared* (FTIR)**

Karakterisasi menggunakan FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi dan jenis ikatan pada adsorben komposit silika-zeolit dengan variasi penambahan dari komposit zeolit 0; 0,01; 0,03 dan 0,06 gram. Spektra silika dapat dilihat pada gambar 4.1.





**Gambar 4.1.** Spektra FTIR Silika dan komposit silika-zeolit 0,01;0,03 dan 0,06 gram

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa silika memiliki beberapa gugus fungsi spesifik, yaitu gugus fungsi -OH ( $3425 \text{ cm}^{-1}$ ), vibrasi ulur C-H ( $2936 \text{ cm}^{-1}$ ), ulur asimetris O-Si-O ( $1097$ ;  $1044$ ;  $1013$ ;  $923 \text{ cm}^{-1}$ ) dan ulur simetris O-Si-O ( $650 \text{ cm}^{-1}$ ) yang dapat dilihat pada tabel 4.2.

**Tabel. 4.2** Interpretasi hasil spektra FTIR

Interpretasi	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )			
	Silika	Silika:Zeol 0,01	Silika:Zeol 0,03	Silika:Zeol 0,06
Vibrasi gugus -OH	3425	3424	3424	3423
Vibrasi ulur C-H	2936	2936	2936	2935
Ulur asimetris O-Si-O	1097	1094	1085	1098
	1044	1045	1045	1045
	1013	1014	1015	1015
	923	923	923	923
<i>Finger print</i> Zeolit	-	784	790	784
Vibrasi ulur simetri O-Si-O	650	650	650	650
<i>Double Ring</i>	-	620	620	621
		545	587	
Vibrasi tekuk Si-O	-	-	-	549 528

Pada tabel 4.2 menunjukkan bahwa komposit silika-zeolit 0,01 gram memiliki beberapa gugus fungsi diantaranya gugus fungsi -OH (3424 cm<sup>-1</sup>), vibrasi ulur C-H (2936 cm<sup>-1</sup>), ulur asimetris O-Si-O (1094; 1045; 1014; 923 cm<sup>-1</sup>), *finger print* zeolit (784 cm<sup>-1</sup>), ulur simetris O-Si-O (650 cm<sup>-1</sup>) dan *double ring* (620 cm<sup>-1</sup>).

Komposit silika-zeolit 0,03 gram memiliki beberapa gugus fungsi diantaranya gugus fungsi -OH (3424 cm<sup>-1</sup>),

vibrasi ulur C-H ( $2936\text{ cm}^{-1}$ ), ulur asimetris O-Si-O ( $1085$ ;  $1045$ ;  $1015$ ;  $923\text{ cm}^{-1}$ ), *finger print* zeolit ( $790\text{ cm}^{-1}$ ), ulur simetris O-Si-O ( $650\text{ cm}^{-1}$ ) dan *double ring* ( $620$ ;  $545\text{ cm}^{-1}$ ).

Komposit silika-zeolit 0,06 gram memiliki beberapa gugus fungsi diantaranya gugus fungsi -OH ( $3423\text{ cm}^{-1}$ ), vibrasi ulur C-H ( $2935\text{ cm}^{-1}$ ), ulur asimetris O-Si-O ( $1098$ ;  $1045$ ;  $1015$ ;  $923\text{ cm}^{-1}$ ), *finger print* zeolit ( $784\text{ cm}^{-1}$ ), ulur simetris O-Si-O ( $650\text{ cm}^{-1}$ ), *double ring* ( $620$ ;  $545\text{ cm}^{-1}$ ) dan vibrasi tekuk Si-O ( $549$ ;  $528\text{ cm}^{-1}$ ).

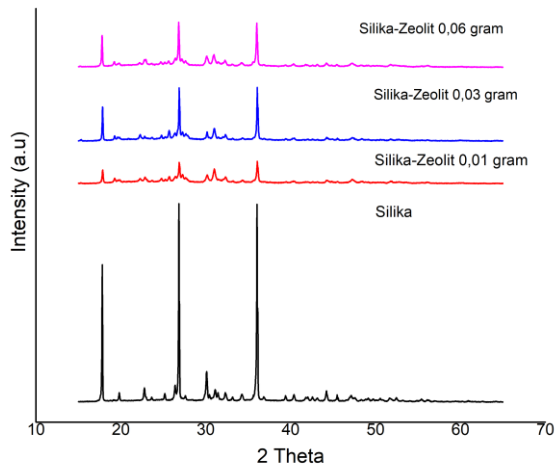
Berdasarkan hasil analisis yang sudah dilakukan, pada bilangan gelombang  $1097\text{ cm}^{-1}$ ,  $1044\text{ cm}^{-1}$  dan  $1013\text{ cm}^{-1}$  merupakan puncak karakterisasi gugus fungsi O-Si-O yang menunjukkan bahwa semua sampel terbentuk kerangka silika yang stabil. Pita serapan yang melebar dari spektrum semua sampel pada bilangan gelombang  $1100$ - $1000\text{ cm}^{-1}$  dari vibrasi ulur asimetri internal dan eksternal tetrahedral Si-O merupakan ciri khas dari material silika (Diporwardani, 2008).

Pada panjang gelombang  $784\text{ cm}^{-1}$  dan  $790\text{ cm}^{-1}$  merupakan *finger print* zeolit, gugus fungsi muncul disaat ada penambahan zeolit pada silika. Panjang gelombang  $650\text{ cm}^{-1}$  merupakan puncak vibrasi simetri O-Si-O, panjang gelombang  $620$ - $500\text{ cm}^{-1}$  merupakan puncak

*double ring* dan panjang gelombang 500- 420  $\text{cm}^{-1}$  merupakan puncak vibrasi tekuk Si-O (Park, 2012).

#### **E. Analisis Kristalinitas dengan XRD**

Komposit silika-zeolit dianalisis menggunakan instrument *X-Ray Diffraction* untuk mengetahui padatan kristal yang terbentuk. Fase padatan terbagi menjadi dua, yaitu fase kristal dan fase amorf. Difraktogram fase kristal ditandai dengan intensitas puncak yang tajam, sedangkan fase amorf ditandai dengan intensitas puncak yang melebar. Difraktogram sampel silika, komposit silika-zeolite 0,01;0,03 dan 0,06 gram ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Difraktogram Silika dan komposit silika-zeolit 0,01;0,03 dan 0,06 gram

Gambar 4.2 tersebut menunjukkan hasil karakterisasi XRD sampel yang dilakukan pada rentang sudut  $2\theta$  dari  $10^\circ$  hingga  $70^\circ$ . Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada sampel silika menghasilkan puncak pada  $2\theta = 17,80^\circ$ ,  $26,90^\circ$ , dan  $37,09^\circ$ . Silika seharusnya ditandai dengan munculnya puncak amorf pada  $2\theta = 20-22^\circ$  namun pada penelitian hal ini dimungkinkan silika belum terjadi secara optimal.

Silika yang ditambahkan zeolit dengan variasi perbandingan 0,01; 0,03 dan 0,06 didapatkan hasil analisis, pada komposit silika-zeolit 0,01 gram

menghasilkan puncak  $2\theta = 20,42^\circ, 22,37^\circ, 23,29^\circ, 25,72^\circ$  dan  $26,35^\circ$  termasuk mineral klinoptiolit karena zeolit memiliki komposisi Al-O. Pada komposit silika-zeolit 0,03 g menghasilkan puncak  $2\theta = 22,38^\circ, 22,29^\circ$  dan  $25,75^\circ$  termasuk mineral klinoptiolit karena zeolit memiliki komposisi Al-O. Pada komposit silika-zeolit 0,06 g menghasilkan puncak  $2\theta = 22,38^\circ, 22,29^\circ$  dan  $25,72^\circ$  termasuk mineral klinoptiolit karena zeolit memiliki komposisi Al-O. Keberadaan puncak klinoptiolit menunjukkan bahwa komposit silika-zeolit sudah terbentuk.

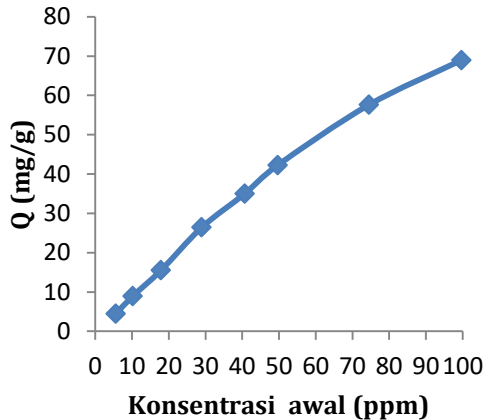
#### **F. Penentuan Kondisi Optimum Penyerapan Zat Warna *Remazol Black b* oleh Adsorben Komposit Silika-Zeolit**

Pada penelitian ini, dilakukan variasi konsentrasi, serta variasi waktu kontak pada adsorpsi zat warna RBB untuk mengetahui kondisi optimum pada proses adsorpsi zat warna RBB oleh adsorben komposit silika-zeolit, sebagaimana yang akan dijelaskan berikut ini.

##### **a. Penentuan Konsentrasi Optimum *Remazol Black b***

Pada tahap ini, penentuan konsentrasi optimum RBB dilakukan dengan bervariasi konsentrasi awal zat warna RBB dengan variasi 5, 10,

20, 30, 40, 50, 75, dan 100 ppm. Hasil penentuan konsentrasi optimum RBB disajikan pada gambar 4.3.

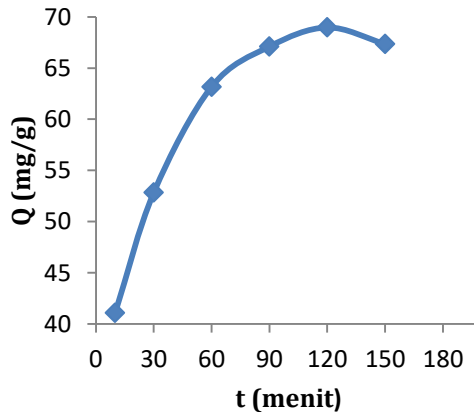


Gambar 4.3 Pengaruh konsentrasi awal *Remazol Black b* terhadap kapasitas adsorpsi

Berdasarkan gambar 4.3, semakin tinggi konsentrasi awal RBB, semakin tinggi pula kapasitas adsorpsinya. Sebagaimana menurut (Rizkamala, 2011) Semakin besar konsentrasi larutan, maka zat warna yang teradsorp akan meningkat secara linear hingga mencapai konsentrasi tertentu. Pada penelitian ini, konsentrasi optimum RBB belum tercapai. Data hasil optimasi konsentrasi ini digunakan untuk menentukan isoterm Langmuir.

### b. Penentuan Waktu Kontak Optimum

Waktu kontak komposit silika-zeolit dengan adsorbat zat warna RBB divariasikan dengan variasi selama 10, 30, 60, 90, 120, dan 150 menit untuk mengetahui waktu kontak optimum penyerapan adsorbat zat warna RBB oleh adsorben komposit silika-zeolit. Penentuan waktu kontak optimum dilakukan dengan konsentrasi larutan RBB sebesar 100 ppm. Hasil optimasi waktu kontak disajikan pada gambar 4.4



Gambar 4.4 Pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi

Pada gambar 4.4 menunjukkan adanya pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi.

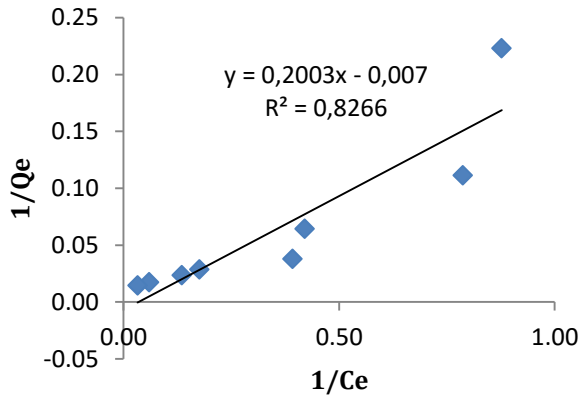


Pada waktu kontak 10 menit hingga 120 menit, kapasitas adsorpsi meningkat seiring bertambah lamanya waktu kontak. Hal tersebut dikarenakan semakin lama waktu kontak akan memungkinkan semakin banyak pula interaksi yang dapat terjadi antara adsorben komposit silika-zeolit dengan adsorbat zat warna RBB sehingga kapasitas adsorpsi akan semakin meningkat. Sementara itu, pada waktu kontak 150 menit, kapasitas adsorpsi mengalami penurunan. Hal tersebut dikarenakan adsorben komposit silika-zeolit yang telah jenuh, menyebabkan adsorben komposit silika-zeolit tidak lagi mampu menyerap zat warna RBB dan juga menyebabkan terlepasnya sebagian molekul zat warna sehingga kapasitas adsorpsi menurun (Wajarwati et al., 2018). Pada penelitian ini, waktu kontak optimum dicapai adalah selama 120 menit dengan kapasitas adsorpsi sebesar 68.96 mg/g.

#### **G. Penentuan Isoterm Adsorpsi**

Penentuan isoterm adsorpsi dilakukan untuk mengetahui interaksi adsorben komposit silika-zeolit terhadap zat warna RBB. Penentuan isoterm adsorpsi dilakukan dengan membuat kurva model isoterm Langmuir dan kurva model Freundlich menggunakan

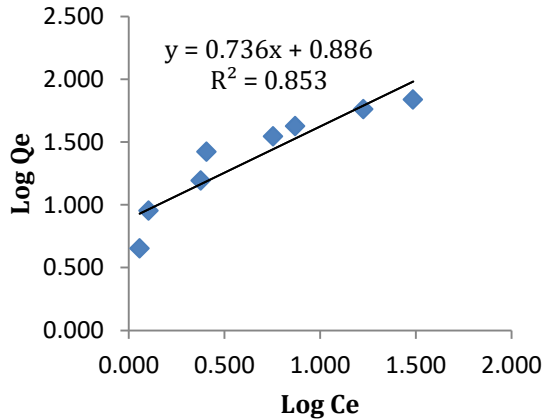
data hasil optimasi konsentrasi. Kurva isoterm langmuir dibuat dengan membuat kurva hubungan antara nilai  $1/C_e$  sebagai sumbu x dan nilai  $1/Q_e$  sebagai sumbu y sesuai persamaan 2.1. Sedangkan kurva isoterm Freundlich dibuat dengan membuat kurva hubungan antara nilai  $\log C_e$  sebagai sumbu x dan nilai  $\log Q_e$  sebagai sumbu y sesuai persamaan 2.2. Hasil kurva isoterm Langmuir ditunjukkan pada gambar 4.5



Gambar 4.5 Kurva isoterm Langmuir

Berdasarkan gambar 4.5, diketahui model kurva isoterm langmuir memiliki persamaan regresi linear sebesar  $y = 0,200x - 0,007$  dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,825. sementara itu, pada kurva model isoterm Freundlich memiliki persamaan regresi linear sebesar  $y = 0,736x +$

0,886 dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,853 seperti ditunjukkan pada gambar 4.6



Gambar 4.6 Kurva isoterm Freundlich

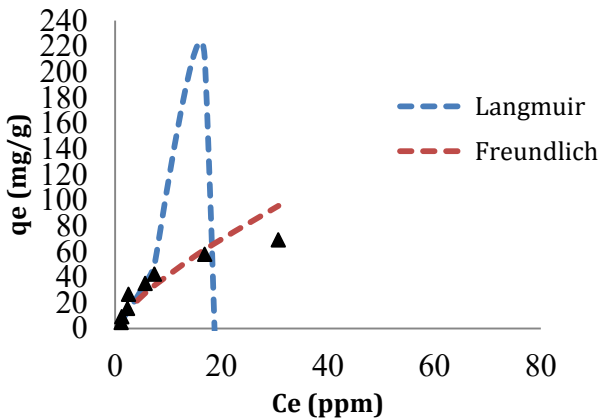
Penentuan isoterm adsorpsi ditentukan dengan nilai  $R^2$  yang paling mendekati 1. Sehingga, pada penelitian ini, model isoterm yang berlaku adalah isoterm Freundlich. Hal tersebut mengindikasikan proses adsorpsi zat warna RBB oleh adsorben komposit silika-zeolit dimungkinkan terjadi pada setiap sisi permukaan adsorben, pada tiap lapisan permukaan adsorben memiliki kemampuan adsorpsi yang berbeda-beda, serta gaya *Van der Waals* bekerja dalam interaksi antara adsorben dengan adsorbat (Atkins et al., 2018; Dada, Olalekan, 2012). Hasil penelitian ini sesuai dengan

penelitian Herlina et al., (2017). Data parameter masing-masing model isoterm disajikan pada tabel 4.3.

Tabel. 4.3 Parameter isoterm adsorpsi

Model Isoterm Langmuir			Model Isoterm Freundlich		
$Q_m$ (mg/g)	$K_L$ (L/mg)	$R^2$	$K_F$ (mg/g)(L/mg) <sup>1/n</sup>	1/n	$R^2$
-142,86	-0,035	0,826	7,691	1,358	0,853

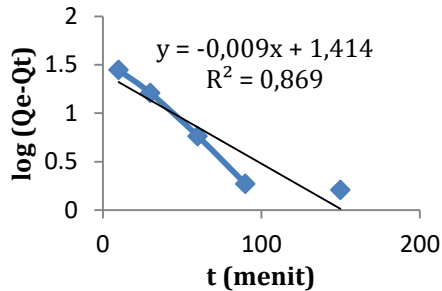
Adapun kecenderungan model isoterm adsorpsi zat warna RBB oleh adsorben komposit silika-zeolit ditunjukkan pada kurva model isoterm pada gambar 4.7.



Gambar 4.7. kurva model isoterm adsorpsi *Remazol Black b* oleh adsorben komposit silika-zeolit

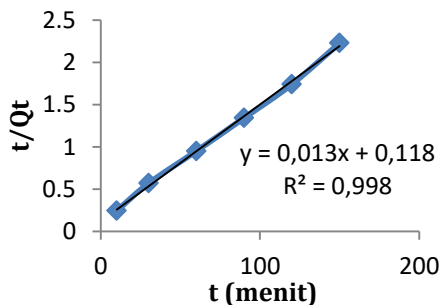
## H. Penentuan Kinetika Adsorpsi

Penentuan kinetika adsorpsi dilakukan untuk mengetahui penggambaran laju penyerapan zat warna RBB oleh adsorben komposit silika-zeolit terhadap perubahan waktu kontak. Penentuan kinetika adsorpsi dilakukan dengan membuat kurva kinetika adsorpsi pseudo orde 1 dan kurva kinetika adsorpsi pseudo orde 2 menggunakan data hasil optimasi waktu kontak. Kurva model kinetika adsorpsi pseudo orde 1 dibuat dengan membuat kurva hubungan antara waktu kontak sebagai sumbu x dan nilai  $\log(Q_e - Q_t)$  sebagai sumbu y sesuai persamaan 2.4. Sedangkan kurva model kinetika adsorpsi pseudo orde 2 dibuat dengan membuat kurva hubungan antara waktu kontak sebagai sumbu x dan nilai  $t/Q_t$  sebagai sumbu y sesuai persamaan 2.6. Hasil kurva model kinetika adsorpsi pseudo orde 1 ditunjukkan pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Model kinetika adsorpsi pseudo orde 1

Berdasarkan gambar 4.19, Kurva model kinetika adsorpsi pseudo orde 1 memiliki persamaan regresi linear sebesar  $y = -0,009x + 1,414$  dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,869. Sementara itu, pada kurva model kinetika adsorpsi pseudo orde 2 diketahui persamaan regresi linear sebesar  $y = 0,013x + 0,118$  dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,853 sebagaimana ditunjukkan pada gambar 4.20.



Gambar 4.9 Model kinetika adsorpsi pseudo orde 2

Penentuan isoterm adsorpsi ditentukan dengan nilai  $Q_e$  teoritis yang mendekati  $Q_e$  eksperimen dan nilai  $R^2$

yang paling mendekati 1. Sehingga, pada penelitian ini, model kinetika adsorpsi yang berlaku adalah model kinetika adsorpsi pseudo orde 2. Hal tersebut mengindikasikan bahwa laju adsorpsi zat warna RBB oleh adsorben komposit silika-zeolit setara dengan kuadrat konsentrasi zat warna yang disimbolkan  $(Q_e - Q_t)^2$  pada persamaan model kinetika adsorpsi pseudo orde 2 (Kurniawati et al., 2013). Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian (Arnata et al., 2019). Data parameter masing-masing model kinetika adsorpsi disajikan pada tabel 4.4.

Tabel. 4.4 Parameter kinetika adsorpsi

Q <sub>e</sub> eksperimen (mg/g)	Model Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde 1			Model Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde 2		
	Q <sub>e</sub> (mg/g)	K <sub>1</sub> (menit <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	Q <sub>e</sub> (mg/g)	K <sub>2</sub> (g.mg <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>
68,96	25,942	-0,02073	0,869	76,923	0,00143	0,998





## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Silika memiliki karakterisasi gugus fungsi ulur asimetris Si- pada bilangan gelombang  $1097\text{ cm}^{-1}$ ,  $1044\text{ cm}^{-1}$  dan  $1013\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan bahwa telah terbentuk kerangka silika yang stabil.
2. Pada penyerapan zat warna *remazol black b*, silika memiliki kapasitas adsorpsi sebesar  $9.04\text{ mg/g}$ , sedangkan pada adsorben komposit silika-zeolit dengan variasi penambahan  $0,01; 0,03$  dan  $0,06$  gram secara berturut-turut memiliki kapasitas adsorpsi sebesar  $8.14\text{ mg/g}$ ,  $8.07\text{ mg/g}$ , serta  $8.04\text{ mg/g}$ . Penyerapan zat warna *remazol black b* dengan kapasitas adsorpsi terbaik diperoleh menggunakan silika dengan kapasitas adsorpsi  $9.04\text{ mg/g}$ .

#### **B. Saran**

Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengetahui komposisi, morfologi, luas permukaan, serta ukuran partikel adsorben nanokomposit silika-zeolit. Sehingga perlu dilakukan karakterisasi menggunakan SEM-EDX dan TEM.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adina rezky, Reza ahmad. 2023. pengolahan zeolit alam sebagai bahan pengisi nano komposit dengan kompatibiliser anhidrida. *Universitas Sumatra Utara*.
- Ajayan S ; Deborah D.L. 2014. Composite Material: Design and Applications. *Chemical*.
- Auda, F. 2009. Tutorial on Powder X-ray Diffraction for Characterizing Nanoscale Material. *ACS Nano*, 13(7), 7359-7365.
- Arie Ardiansyah. 2015. Sintesis Komposit Silika dengan Proses Sol Gel. *Chemical and Proces Engineering*, 01(01), 36-40
- Arnata, I Wayan; Suprihatin; Fahma, Farah; Richana, Nur; Sunarti, T. C. 2019. Adsorption Of Anionic Congo Red Dye By Using Cellulose From Sago Cellulose From Sago Frond. *Poll Res*, 38(3), 557-567.
- Astiti, A, Sudiarta. 2016. Sintesis dan Karakterisasi bahan Hidrad Amino-Silika Dari Abu Sekam Padi Melalui Metodel Sol Gel. *Kimia UNDIP*.
- Atkins, P., Paula, J. de, & Keeler, J. 2018. *Atkins' Physical Chemistry* (11th ed.). OXFORD University Press.
- Ayu, A. M., Wardhani, S., & Darjito. 2013. Studi Pengaruh Konsentrasi NaOH dan pH Terhadap Sintesis Silika Xerogel Berbahan Dasar Pasir Kuarsa. *Kimia Student Journal Universitas Brawijaya*, 2(2), 517-523. <http://kimia.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jikub/article/view/354>
- Azimi, S. 2013. Sol-Gel Synthesis and Structural Characterization of Nano-Thiamine Hydrochloride Structure. *ISRN Nanotechnology*, 2013, 1-4.

<https://doi.org/10.1155/2013/815071>

- Banon, K; Nabilah S. 2008. Pengaruh penambahan Konsentrasi Hidroksiapatit terhadap karakteristik Komposit. *Jurnal Kimia*.
- Bambang, K. H., 2000. Mekanik Struktur Komposit, Direktorat Pembinaan dan Pengabdian Masyarakat
- Bramantya, B., Yonando, L. P., Rifaldi, M., & Oktavian, R. 2018. Sintesis dan Karakterisasi Silika Aerogel Hidrofobik dan Olioofilik dari Pasir Laut sebagai Absorben Tumpahan Minyak. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 2(2), 49. <https://doi.org/10.33795/jtkl.v2i2.69>
- Cotton and Wilkinson. 1989. *Kimia Anorganik Dasar*. UI Press.
- Dachriyanus. 2004. *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi*. LPTIK Universitas Andalas.
- Dada, A.O; Olalekan, A.P; Olatunya, Ayomadewa; Dada, O. 2012. Langmuir, Freundlich, Temkin and Dubinin-Radushkevich Isotherms Studies of Equilibrium Sorption of Zn<sup>2+</sup> Unto Phosphoric Acid Modified Rice Husk. *IOSR Journal of Applied Chemistry*, 3(1), 38-45. <https://doi.org/10.9790/5736-0313845>
- Dewi, R. S., & Lestari, S. 2010. Dekolorisasi Limbah Batik Tulis Menggunakan Jamur Indigenous hasil Isolasi Pada Konsentrasi Limbah yang berbeda, 5(2), 75-82
- Diporwardani. 2008. Introduction to Zeolite Science and Practice.
- Drumond Chequer, F. M., Junqueira, D., & de Oliver, D. P. 2011. Azo Dyes and Their Dye into Water Bodies Represent Human and Ecological Risks? In Advances in Treating Textile Effluent. <https://doi.org/10.5772/19872>
- Ghandoor, D. Lisa., & Ismail., 2012. Pemanfaatan Pasir dan

Batu Pecah sebagai Bahan Pembuatan Beton. 20, 11-17

Ghozali R.F. 1996. Pembuatan dan Kegunaan Arang Aktif. Balai Peneliti Makassar.Vol. 11 No.2

Gonçalves, M. R. F., & Bergmann, C. P. 2007. Thermal insulators made with rice husk ashes: Production and correlation between properties and microstructure. *Construction and Building Materials*, 21(12), 2059–2065. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2006.05.057>

Gosseau, D., 2009, Introduction to XRF Spectroscopy, (online), <http://users.skynet.be/>

Hasan R ; Hindrayawati, N. 2014. Sintesis dan Karakterisasi Silika Gel dari Abu Sekam Padi. *Kimia*, 7 (2) : 75.

Herlina, R., Masri, M., & Sudding. 2017. Studi Adsorpsi Dedak Padi terhadap Zat Warna Congo Red di Kabupaten Wajo Adsorption Study of Rice Bran against Congo Red Dyes in Wajo. *Jurnal Chemica*, 18(1), 16–25.

Hong, Xin., Cui, J., Shen, H., & Wu, H. 2014. *Preparation of Silica Aerogel and Its Adsorption Performance to Organic Molecule. 2014.*

Ikhsan Jaslin, E. D. 2016. *Augemented Chemistry Hidrokarbon.* LPPM UN.

Iler, R. K. 1979. *The Chemistry of Silica.*

Ismunandar,R. 2006. X-Ray Diffraction : A Powerful Method of Characterizing Nanomaterials, Recent Research in Science and Technology, 4(8): 77

Jia, Z. 2004. Physical and operating conditions effects on silica gel/water adsorption chiller performance. *Applied Energy*, 89, 1.

Jamaluddin, A., 2016, Teknik Pemeriksaan Material

Menggunakan XRF, XRD dan SEM-EDS, <http://>

- Jones ,S. 1975. *Measurement and optimication of residual tensile strength and delamination age of drilled fibre composite*. Measurement 75, pp. 298-307
- Khan, S. A., Khan, S. B., Khan, L. U., Farooq, A., Akhtar, K., & Asiri, A. M. 2018. Fourier transform infrared spectroscopy: Fundamentals and application in functional groups and nanomaterials characterization. *Handbook of Materials Characterization*, 317-344. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-92955-2\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-92955-2_9)
- Keenan, C. 1992. Kimia Universitas. Jakarta. Erlangga
- Kurniawati, P., Wiyantoko, B., Kurniawan, A., & Purbaningtias, T. esti. 2013. Kinetic study of Cr ( VI ) Adsorption on Hydrotalcite Mg / Al with Molar Ratio 2 : 1. *EKSAKTA*, 13, 11-21.
- Lukman, A., Bisri, U. 1992. Bahan-bahan Industri Pasir Kuarsa; Direktorat Jendral Pertambangan umum, Pusat Pengembangan Teknologi Mineral, Bandung
- Mahreni. 2016 . Batik Warna Alami. upynk eprints.
- Mohamed, M. A., Jaafar, J., Ismail, A. F., Othman, M. H. D., & Rahman, M. A. 2017. Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy. In *Membrane Characterization*. Elsevier B.V.<https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63776-5.00001-2>
- Moosa, A., dan Saddam B. 2017. Synthesis and Characterisation of Nanosilica from Sand with Application to Polymer Composite. *Material Science*. 7(6): 223-231
- Munasir, Triwikantoro, M. Zainuri, & Darminto. 2013. Ekstraksi dan Sintesis Nanosilika Berbasis Pasir Bancar dengan Metode Basah, *Jurnal Penelitian Fisika dan*

Aplikasinya, 3(2) : 12-17

- Nazriati, Setyawan, H., Winardi, S., Arizanova, R., & Eka V., E. 2011. Sintesis Silika Aerogel dengan Bahan Dasar Abu Bagasse. *Reaktor*, 13(4), 220–224.
- Oroh S. 2013. Pengaruh Jenis serat pada Komposit Polimer Terhadap Kuat Tarik. *Zona Teknik ISSN 1978-1741*. vol.3 no.2. hal 143-145
- Orthman F. 2000. *Journal of Material processing technology*. 199 (2008) 10-26
- PAN alytical B.V., 2009, X-ray Flourescence Spectrometry. (online), <http://panalytical.com/index.cfm?pid=130>
- Park, C. 2012. Analisa Gugus Fungsi Pada Sampel Uji Bensin menggunakan Metode Spektroskopi FTIR. *Berkala Fisika*, Vol 10 (1): 79-85
- Pratiwi G. 2015. *Aplikasi Material Komposit dan Polimer*. Malang
- Putkham, A. I., Punsombut, P., Chaiyachet, Y., & Putkham, A. (2023). Materials Today : Proceedings Nano-structured porous carbon-silica composite aerogel derived from low-cost kapok fibers and TEOS. *Materials Today: Proceedings*, 75, 67–71. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.11.015>
- Rizkamala. 2011. *Adsorpsi Ion Logam Cr (total) dalam Limbah Cair Industri Pelapisan Logam Menggunakan Bulu Ayam*. Universitas Negeri Semarang.
- Saputra, R. 2006. Pemanfaatan Zeolit Sintesis Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Industri. *Buletin IPT*, 1, 8-10
- Sari, N. K. 2010. Analisa Instrumentasi. In *yayasan Humaniora. Klaten*.

- Shah, M. P., & Patel, K.A. 2014. Microbial Degradation of Reactive Red 195 by Three Bacterial Isolates In Anaerobic-aerobic Bioprocess. *Int J Environ Bioremed Biot*, 2,5-11
- Silvia, D., Farza, G. 2018. Limbah Kimia Dalam Pencemaran Udara dan Air. Yogyakarta: ANDI
- Solihin, S. 2015. Proses Pembuatan Waterglass dari Pasir Silika dengan Pelebur Natrium Hidroksida. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*
- Shin, J. H., Weinman, S. W., Schoenfisch, M. H., Carolina, N., & Hill, C. 2004. *Supporting Information Sol - Gel Derived Amperometric Nitric Oxide Microsensor*. 20, 1411-1416.
- Siswanto, Hamzah, M., A., M., & Fausiah. 2012. Perekrayasaan Nanosilika Berbahan Baku Silika Lokal Sebagai Filler Kompon Karet Rubber Air Bag Peluncur Kapal Dari Galangan. *Prosiding InSINas*, 56-59.
- Skoog, D., Leary, J. 1992. Instrumental Analisis. Perpustakaan AKA Bogor
- Soemargono, Mangerongkonda, D., 2007, Pengaruh Penggunaan Pasir Laut untuk Karakterisasi Kualitas Beton, Depok
- Suhartati, T. 2017. *Dasar-Dasar Spektrofotometri UV-Vis dan Spektrometri Massa untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Anugrah Utama Raharja.
- Suhendra, E., & Kardena, E .2013. Keberadaan Anilin Di Sungai Citarum Hulu Akibat Penggunaan Azo Dyes pada Industri Tekstil. Keberadaan Anilin di Sungai Citarum, 9(02), 27-40. <https://doi.org/10.14710/metana.v9i02.7614>
- Sukandarrumadi. 1999. *Bahan Galian Industri*. UGM Press.
- Sutarti,. Rachmawati. 1994. Pengujian Tukar Kation Zeolit

Sebagai penukar Kation Alami. Annual Meeting on Testing and Quality: LIPI Tangerang

Vogel, Arthur I., Jeffery, G. H., Basset, J., Mendham, J., Denney, R. C. 1989. *Vogel's textbook of quantitative chemical analysis*. (Fifth Edit). Longman Scientific & Technical.

Wajarwati, A., Wahyuningsih, K., Ulfir, I., & Suprpto. 2018. Pengaruh pH dan Waktu Kontak Pada Adsorpsi Remazol Brilliant Blue R Menggunakan Adsorben Ampas Singkong. *Jurnal Sains Dan Seni*, 7(2), 2337–3520.

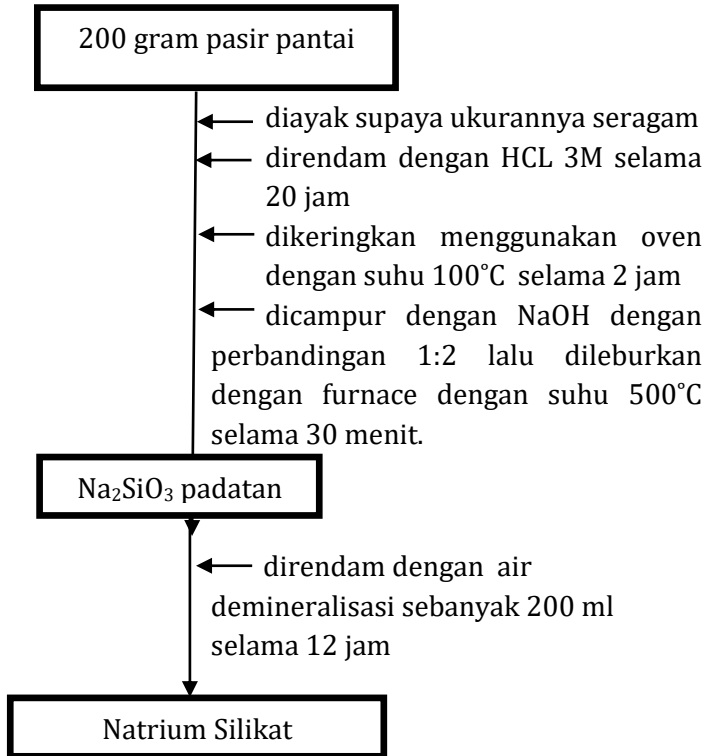
Widianti, Tri. 2006. Pengujian Kapasitas Tukar Kation Zeolit Sebagai Penukar Kation Alami. Annual Meeting on Testing and Quality: LIPI Tangerang

Yanru Lu., Li,X., Yin, X., Utomo, H.D.,Tao, N.F.,& Huang, H. 2018. Silica Aerogel as Super Thermal and Acoustic Insulation Material. *Jurnal of Environmental Protection*, 09(04), 295-308

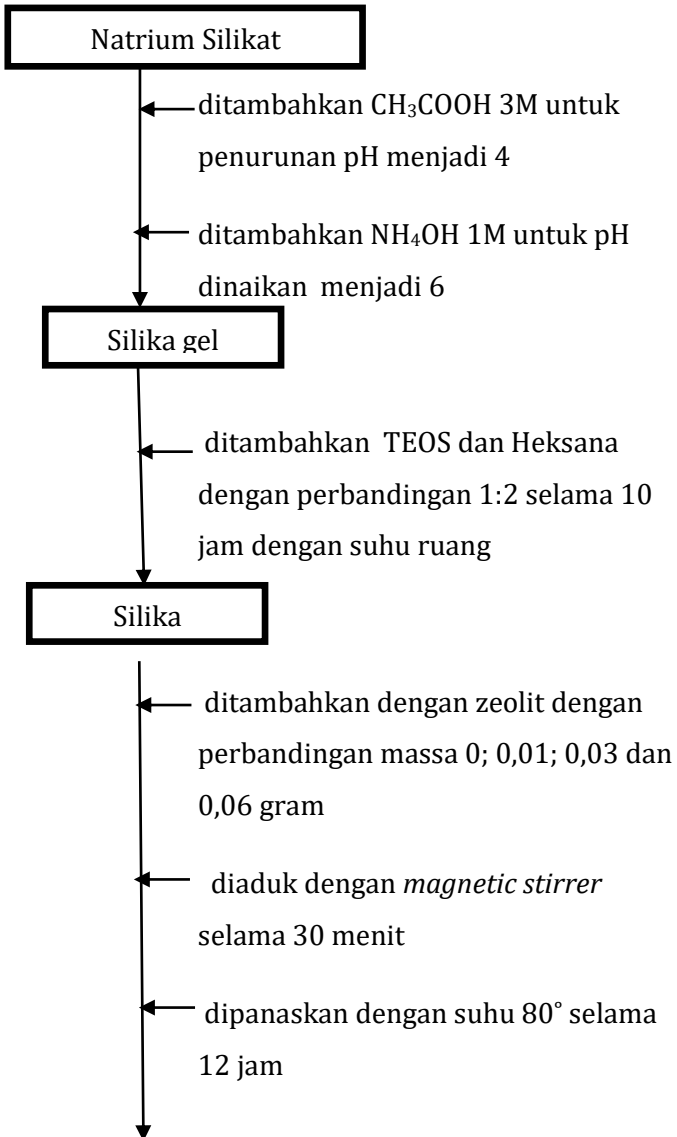
Yuniarizky, F. F., Cis-trans, J. J., Aktif, A 2021. *Adsorpsi Zat Warna Remazol Red menggunakan Nanokomposit Silika*. 5(2),25–33.  
<https://doi.org/10.17977/um0260v5i22021p025>

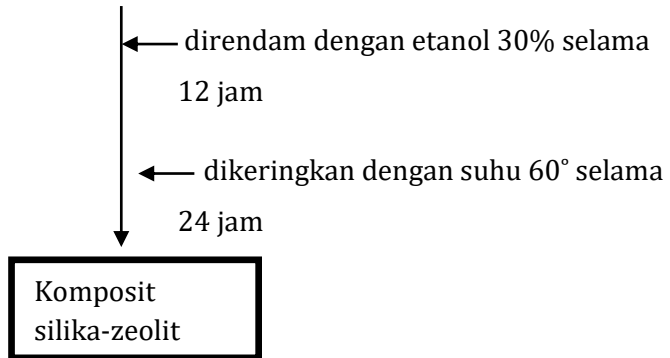


## Lampiran 1. Pembuatan Natrium Silikat



## Lampiran 2. Sintesis adsorben Komposite Silika-Zeolit

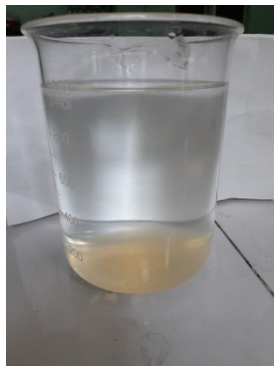
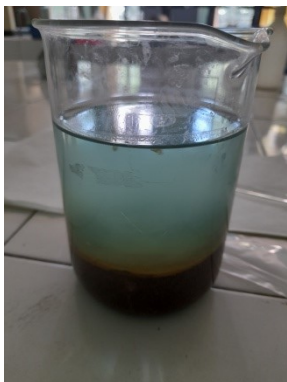




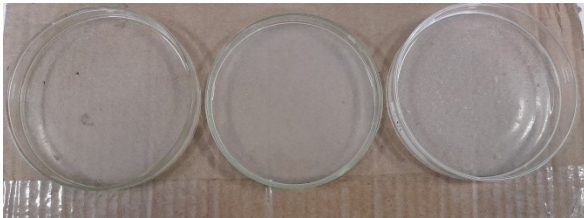
### Lampiran 3. Dokumentasi pembuatan Natrium Silikat

#### Proses pembuatan Natrium Silikat

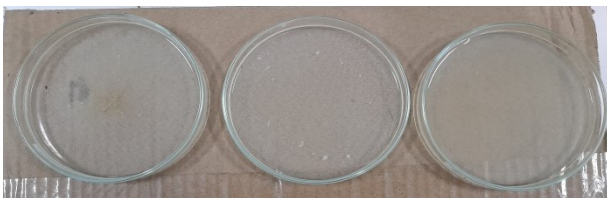




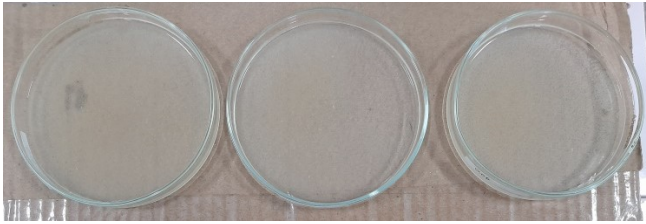
## Lampiran 4. Dokumentasi Sintesis adsorben Komposit Silika-Zeolit



Komposit silika-zeolit 0,01 gram



Komposit silika-zeolit 0,03 gram



Komposit silika-zeolit 0,06 gram



Silika aerogel



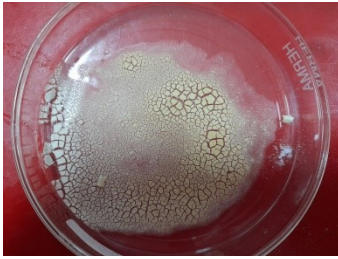
Silika aerogel kering



Komposit silika-zeolit 0,01  
gram kering



Komposit silika-zeolit  
0,03 gram kering



Komposit silika-zeolit 0,06  
gram kering



**Lampiran 5. Panjang gelombang maksimum**  
***Remazol black b***

$\lambda$ (nm)	A	$\lambda$ (nm)	A	$\lambda$ (nm)	A	$\lambda$ (nm)	A
500	0,238	528	0,191	556	0,236	584	0,306
501	0,236	529	0,191	557	0,238	585	0,308
502	0,235	530	0,191	558	0,241	586	0,31
503	0,233	531	0,191	559	0,244	587	0,311
504	0,23	532	0,192	560	0,248	588	0,312
505	0,229	533	0,192	561	0,25	589	0,313
506	0,227	534	0,192	562	0,252	590	0,313
507	0,225	535	0,193	563	0,257	591	0,314
508	0,223	536	0,194	564	0,259	592	0,315
509	0,221	537	0,195	565	0,262	593	0,316
510	0,219	538	0,196	566	0,266	594	0,316
511	0,217	539	0,197	567	0,268	595	0,316
512	0,215	540	0,199	568	0,271	596	0,316
513	0,213	541	0,2	569	0,273	597	0,316
514	0,211	542	0,201	570	0,277	598	0,317
515	0,21	543	0,203	571	0,278	599	0,317
516	0,207	544	0,205	572	0,282	600	0,317
517	0,205	545	0,207	573	0,284	601	0,315
518	0,204	546	0,21	574	0,286	602	0,317
519	0,202	547	0,212	575	0,289	603	0,315
520	0,2	548	0,213	576	0,291	604	0,314
521	0,198	549	0,216	577	0,294	605	0,314
522	0,198	550	0,218	578	0,296	606	0,313
523	0,196	551	0,221	579	0,298	607	0,312
524	0,195	552	0,224	580	0,3	608	0,312
525	0,194	553	0,226	581	0,302	609	0,31
526	0,193	554	0,23	582	0,304	610	0,308

527	0,192	555	0,232	583	0,305	611	0,307
612	0,304	635	0,217	658	0,093	681	0,029
613	0,304	636	0,211	659	0,088	682	0,027
614	0,301	637	0,206	660	0,085	683	0,025
615	0,298	638	0,2	661	0,08	684	0,025
616	0,297	639	0,194	662	0,077	685	0,023
617	0,294	640	0,188	663	0,074	686	0,021
618	0,291	641	0,183	664	0,069	687	0,021
619	0,289	642	0,176	665	0,066	688	0,02
620	0,285	643	0,17	666	0,062	689	0,018
621	0,281	644	0,165	667	0,06	690	0,018
622	0,279	645	0,16	668	0,056	691	0,017
623	0,275	646	0,153	669	0,053	692	0,016
624	0,27	647	0,147	670	0,051	693	0,015
625	0,267	648	0,142	671	0,048	694	0,013
626	0,261	649	0,136	672	0,046	695	0,013
627	0,258	650	0,131	673	0,044	696	0,013
628	0,252	651	0,126	674	0,442	697	0,013
629	0,248	652	0,121	675	0,039	698	0,012
630	0,244	653	0,116	676	0,038	699	0,011
631	0,238	654	0,111	677	0,036	700	0,01
632	0,232	655	0,106	678	0,034		
633	0,228	656	0,101	679	0,033		
634	0,222	657	0,097	680	0,031		

## Lampiran 6. Analisa data

### 1. Perhitungan Optimasi Konsentrasi

#### a. Konsentrasi 5 mg/L

$$q_e = \frac{C_o - C_e}{m} \times V$$

$$q_e = \frac{(5.62 - 1.14) \text{ mg/L}}{0.02 \text{ gram}} \times 0.02 \text{ Liter}$$

$$q_e = 4.48 \text{ mg/L}$$

#### b. Konsentrasi 10 mg/L

$$q_e = \frac{C_o - C_e}{m} \times V$$

$$q_e = \frac{(10.24 - 1.27) \text{ mg/L}}{0.02 \text{ gram}} \times 0.02 \text{ Liter}$$

$$q_e = 8.97 \text{ mg/L}$$

#### c. Konsentrasi 20 mg/L

$$q_e = \frac{C_o - C_e}{m} \times V$$

$$q_e = \frac{(17.93 - 2.38) \text{ mg/L}}{0.02 \text{ gram}} \times 0.02 \text{ Liter}$$

$$q_e = 15.55 \text{ mg/L}$$

#### d. Konsentrasi 30 mg/L

$$q_e = \frac{C_o - C_e}{m} \times V$$

$$q_e = \frac{(28.96 - 2.55) \text{ mg/L}}{0.02 \text{ gram}} \times 0.02 \text{ Liter}$$

$$q_e = 26.41 \text{ mg/L}$$

e. Konsentrasi 40 mg/L

$$q_e = \frac{C_o - C_e}{m} \times V$$

$$q_e = \frac{(40.68 - 5.69) \text{ mg/L}}{0.02 \text{ gram}} \times 0.02 \text{ Liter}$$

$$q_e = 34.99 \text{ mg/L}$$

f. Konsentrasi 50 mg/L

$$q_e = \frac{C_o - C_e}{m} \times V$$

$$q_e = \frac{(49.65 - 7.41) \text{ mg/L}}{0.02 \text{ gram}} \times 0.02 \text{ Liter}$$

$$q_e = 42.24 \text{ mg/L}$$

g. Konsentrasi 75 mg/L

$$q_e = \frac{C_o - C_e}{m} \times V$$

$$q_e = \frac{(74.48 - 16.89) \text{ mg/L}}{0.02 \text{ gram}} \times 0.02 \text{ Liter}$$

$$q_e = 57.59 \text{ mg/L}$$

h. Konsentrasi 100 mg/L

$$q_e = \frac{C_o - C_e}{m} \times V$$

$$q_e = \frac{(99.65 - 30.69) \text{ mg/L}}{0.02 \text{ gram}} \times 0.02 \text{ Liter}$$

$$q_e = 68.96 \text{ mg/L}$$

2. Perhitungan Optimasi waktu

a. Waktu 10 menit

$$q_e = \frac{C_o - C_e}{m} \times V$$

$$q_e = \frac{(99.65 - 58.55) \text{ mg/L}}{0.02 \text{ gram}} \times 0.02 \text{ Liter}$$

$$q_e = 41.1 \text{ mg/L}$$

b. Waktu 30 menit

$$q_e = \frac{C_o - C_e}{m} \times V$$

$$q_e = \frac{(99.65 - 46.82) \text{ mg/L}}{0.02 \text{ gram}} \times 0.02 \text{ Liter}$$

$$q_e = 52.83 \text{ mg/L}$$

c. Waktu 60 menit

$$q_e = \frac{C_o - C_e}{m} \times V$$

$$q_e = \frac{(99.65 - 36.48) \text{ mg/L}}{0.02 \text{ gram}} \times 0.02 \text{ Liter}$$

$$q_e = 63.17 \text{ mg/L}$$

d. Waktu 90 menit

$$q_e = \frac{C_o - C_e}{m} \times V$$

$$q_e = \frac{(99.65 - 32.55) \text{ mg/L}}{0.02 \text{ gram}} \times 0.02 \text{ Liter}$$

$$q_e = 67.1 \text{ mg/L}$$

e. Waktu 120 menit

$$q_e = \frac{C_o - C_e}{m} \times V$$

$$q_e = \frac{(99.65 - 30.69)\text{mg/L}}{0.02 \text{ gram}} \times 0.02 \text{ Liter}$$

$$q_e = 68.96 \text{ mg/L}$$

f. Waktu 150 menit

$$q_e = \frac{C_o - C_e}{m} \times V$$

$$q_e = \frac{(99.65 - 32.3)\text{mg/L}}{0.02 \text{ gram}} \times 0.02 \text{ Liter}$$

$$q_e = 67.35 \text{ mg/L}$$

## A. Perhitungan Isoterm Adsorpsi

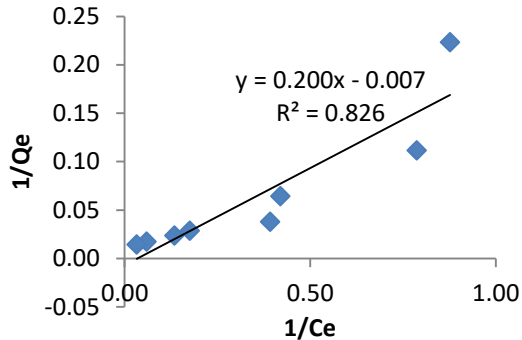
### 1. Isoterm Langmuir

Tabel L6.1 Data penentuan isoterm langmuir

Konsentrasi (mg/L)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Qe (mg/g)	1/Ce	1/Qe
5	5.62	1.14	4.48	0.88	0.22
10	10.24	1.27	8.97	0.79	0.11
20	17.93	2.38	15.55	0.42	0.06
30	28.96	2.55	26.41	0.39	0.04
40	40.68	5.69	34.99	0.18	0.03
50	49.65	7.41	42.24	0.13	0.02
75	74.48	16.89	57.59	0.06	0.02
100	99.65	30.69	68.96	0.03	0.01

Berdasarkan data isoterm Langmuir pada tabel L6.1, dapat dibuat kurva hubungan antara 1/Ce

sebagai sumbu x dan  $1/Q_e$  sebagai sumbu y seperti pada gambar L6.1.



Gambar L6.1 Kurva isoterm langmuir

Berdasarkan kurva isoterm Langmuir pada gambar L6.1, diketahui persamaan regresi linear  $y = 0.200x - 0.007$  dengan nilai  $R^2 = 0.826$ . Adapun nilai  $k_L$  dan  $q_m$  diperoleh melalui perhitungan berikut ini.

$$y = ax + b$$

$$y = 0.200x - 0.007$$

$$R^2 = 0.826$$

$$\frac{1}{q_m} = b$$

$$\frac{1}{q_m} = -0.007$$

$$\frac{1}{-0.007} = q_m$$

$$q_m = -142.86$$

$$\frac{1}{k_L \cdot q_m} = a$$

$$\frac{1}{k_L \cdot -142.86} = 0.200$$

$$\frac{1}{0.200} = k_L \cdot -142.86$$

$$k_L = \frac{5}{-142.86} = -0.035$$

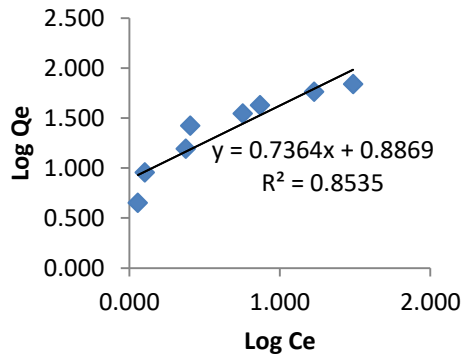
## 2. Isoterm Freundlich

Tabel L6.2 Data penentuan isoterm adsorpsi Freundlich

Konsentrasi (mg/L)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Qe (mg/g)	Log Ce	Log Qe
5	5.62	1.14	4.48	0.057	0.651
10	10.24	1.27	8.97	0.104	0.953
20	17.93	2.38	15.55	0.377	1.192
30	28.96	2.55	26.41	0.407	1.422
40	40.68	5.69	34.99	0.755	1.544
50	49.65	7.41	42.24	0.870	1.626
75	74.48	16.89	57.59	1.228	1.760
100	99.65	30.69	68.96	1.487	1.839

Berdasarkan data penentuan isoterm adsorpsi pada tabel L6.2, dapat dibuat kurva hubungan antara  $1/C_e$  sebagai sumbu x dan  $1/Q_e$  sebagai sumbu y seperti pada gambar L6.2.





Gambar L6.1 Kurva isoterm freundlich

Berdasarkan kurva isoterm Langmuir pada gambar L6.1, diketahui persamaan regresi linear  $y = 0.736x + 0.886$  dengan nilai  $R^2 = 0.853$ . Adapun nilai  $k_L$  dan  $q_m$  diperoleh melalui perhitungan berikut ini.

$$y = ax + b$$

$$y = 0.736x - 0.886$$

$$R^2 = 0.853$$

$$\log k_F = b$$

$$\log k_F = 0.886$$

$$k_F = 10^{0.886} = 7.691$$

$$1/n = a$$

$$1/n = 0.736$$

$$n = 1/0.736 = 1.358$$

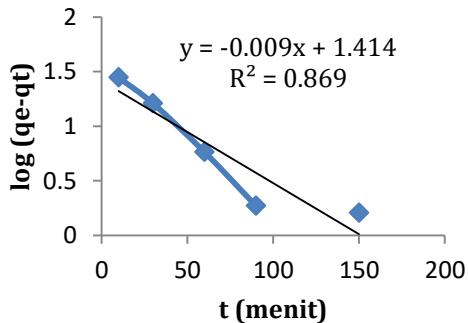
## B. Perhitungan kinetika adsorpsi

### 1. Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Satu

Tabel L6.1 Data penentuan Pseudo Orde Satu

t (menit)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Qe (mg/g)	Qt (mg/g)	qe-qt	ln (qe-qt)
10	99.65	58.55	68.96	41.1	27.86	3.327
30	99.65	46.82	68.96	52.83	16.13	2.781
60	99.65	36.48	68.96	63.17	5.79	1.756
90	99.65	32.55	68.96	67.1	1.86	0.621
120	99.65	30.69	68.96	68.96	0	0.000
150	99.65	32.3	68.96	67.35	1.61	0.476

Berdasarkan data kinetika adsorpsi pseudo orde satu pada tabel L6.3, dapat dibuat kurva hubungan antara  $1/C_e$  sebagai sumbu x dan  $1/Q_e$  sebagai sumbu y seperti pada gambar L6.3.



Gambar L6.3 Kurva kinetika adsorpsi pseudo orde satu

Berdasarkan kurva isoterm Langmuir pada gambar L6.1, diketahui persamaan regresi linear  $y = -0.009x + 1.414$  dengan nilai  $R^2 = 0.869$ . Adapun nilai  $k_1$  dan  $q_m$  diperoleh melalui perhitungan berikut ini.

$$\begin{aligned} y &= ax + b \\ y &= -0.009x + 1.414 \\ R^2 &= 0.869 \end{aligned}$$

$$\frac{k_1}{2.303} = a$$

$$\frac{k_1}{2.303} = -0.009$$

$$k_1 = -0.02073$$

$$\log Q_e = b$$

$$\log Q_e = 1.414$$

$$Q_e = 10^{1.414} = 25.942$$

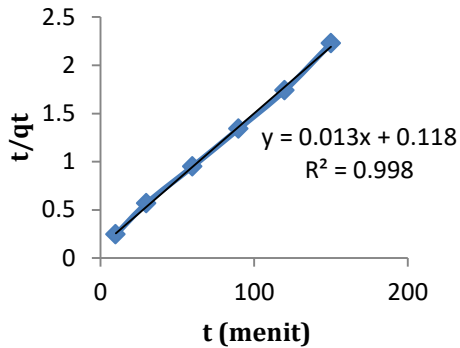
## 2. Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Dua

Tabel L6.1 Data penentuan Pseudo Orde dua

t (menit)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	qt (mg/g)	t/qt
10	99,65	58,55	41,1	0,2433
30	99,65	46,82	52,83	0,5679
60	99,65	36,48	63,17	0,9498
90	99,65	32,55	67,1	1,3413
120	99,65	30,69	68,96	1,7401
150	99,65	32,30	67,35	2,2272

Berdasarkan data penentuan kinetika adsorpsi pseudo orde dua pada tabel L6.4, dapat dibuat kurva

hubungan antara  $1/C_e$  sebagai sumbu x dan  $1/Q_e$  sebagai sumbu y seperti pada gambar L3.4.



Gambar L6.1 Kurva kinetika adsorpsi pseudo orde dua

Berdasarkan kurva isoterm Langmuir pada gambar L6.1, diketahui persamaan regresi linear  $y = 0.013x + 0.118$  dengan nilai  $R^2 = 0.998$ . Adapun nilai  $k_1$  dan  $q_m$  diperoleh melalui perhitungan berikut ini.

$$y = ax + b$$

$$y = 0.013x + 0.118$$

$$R^2 = 0.998$$

$$\frac{1}{Q_e} = a$$

$$\frac{1}{Q_e} = 0.013$$

$$\frac{1}{0.013} = Q_e$$

$$Q_e = 76.923$$

$$\frac{1}{k_2 Q_e^2} = b$$

$$\frac{1}{k_2 76.923^2} = 0.118$$

$$\frac{1}{0.118 \times 76.923^2} = k_2$$

$$k_2 = \frac{1}{698.22} = 0.00143$$

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### A. Identitas Diri

1. Nama Lengkap : Avikha Wahyu Anggita
2. Tempat dan Tgl Lahir : Bojonegoro, 29 Mei 1999
3. Alamat Rumah : Dusun Baru Lor Desa Sidomukti  
22/06 Kec. Kepohbaru Kab.  
Bojonegoro Jawa Timur
4. Telepon/HP : 081226618628
5. Email : avikawahyuu@gmail.com

### B. Riwayat Pendidikan

1. Pendidikan Formal :
  - a. TK DHARMA PUTRA I Tahun 2003
  - b. SDN SIDOMUKTI 2 Tahun 2004
  - c. SMP N 1 KEPOHBARU Tahun 2010
  - d. MAN 1 BOJONEGORO Tahun 2013
  - e. UIN WALISONGO SEMARANG Tahun 2016

Semarang, Juni 2023

**Avikha Wahyu Anggita**

NIM. 1608036004

