

**MODOFIKASI BENTONIT MENGGUNAKAN  
SURFAKTAN KATIONIK BENZALKONIUM  
KLORIDA**

SKRIPSI

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



Oleh

**Titik Turmiati**

1508036023

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

**2019**



## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandata tangan di bawah ini:

Nama : Titik Turmiati

NIM : 1508036023

Jurusan : Kimia

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul

**“ Modifikasi Bentonit Menggunakan Surfaktan Kationik  
Benzalkonium Klorida”**

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian atau karya sendiri,  
kecuali bagian tertentu yang dirujuk dari sumbernya

Semarang, 18 Oktober 2019  
Pembuat Pernyataan



**Titik Turmiati**  
NIM:1508036023





KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl.Prof.Dr.Hamka km.2 (024) 7601295 Fax.7615387 Semarang 50185

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : **MODIFIKASI BENTONIT MENGGUNAKAN SURFAKTAN KATIONIK  
BENZALKONIUM KLORIDA**

Penulis : Titik Turmiati

NIM : 1508036023

Jurusan : Kimia

Telah diujikan dalam sidang munaqasyah oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam Ilmu Kimia

Semarang, 21 Oktober 2019

DEWAN PENGUJI

Penguji I

Mufidah, M.Pd.  
NIP. 196907071997032001

Penguji II

Mulyatun, M.Si  
NIP. 19830504 201 101 2 008

Penguji III

Ervin Tri Suryandari, M.Si  
NIP. 197407162009122001



Penguji IV

Atik Rahmawati, M.Si  
NIP. 19750516 200604 2 002

Pembimbing I

Wirda Udaibah, M.Si  
NIP. 19850104 200912 2 003

Pembimbing II

Mulyatun, M.Si  
NIP. 19830504 201 101 2 008



## NOTA DINAS

Semarang, 18 Oktober 2019

Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Walisongo  
Di Semarang

*Assalamu'alaikum wr.wb*

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

Judul :Modifikasi Bentonit Menggunakan  
Surfaktan Kationik Benzalkonium Klorida

Penulis : **Titik Turmiati**

NIM : 1508036023

Jurusan : Kimia

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

*Wassalamualaikum wr. Wb*

Semarang, 18 Oktober 2019  
Pembimbing I

**Wirda Udaibah, M.Si**  
NIP. 19850104 200912 2 003





## NOTA DINAS

Semarang, 18 Oktober 2019

Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Walisongo  
Di Semarang

*Assalamu'alaikum wr.wb*

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

Judul :Modifikasi Bentonit Menggunakan  
Surfaktan Kationik Benzalkonium Klorida

Penulis : **Titik Turmiati**

NIM : 1508036023

Jurusan : Kimia

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

*Wassalamualaikum wr. wb*

Semarang, 18 Oktober 2019  
Pembimbing II

**Mulyatun, M.Si**  
NIP. 19830504 201101 2 008



## ABSTRAK

Bentonit alam yang telah dimodifikasi menjadi *organobentonit* dengan menggunakan surfaktan kationik Benzalkonium Klorida sebagai agen penginterkalasi dengan berbagai variasi suhu. Material hasil sintesis diaplikasikan sebagai adsorben untuk penyerapan logam berat berupa ion logam  $Zn^{2+}$ . Proses adsorpsi dilakukan dalam berbagai variasi kondisi yaitu pH dan waktu kontak. Hasil analisis XRD menunjukkan material bentonit yang telah dimodifikasi berhasil di sintesis, hal ini terlihat dari jarak antar lapis pada suhu  $50^{\circ}C$  sebesar  $15,06 \text{ \AA}$ , suhu  $60^{\circ}C$  sebesar  $16,76 \text{ \AA}$  dan suhu  $70^{\circ}C$  sebesar  $16,50 \text{ \AA}$  dibandingkan dengan bentonit alam sebesar  $12,09 \text{ \AA}$ . Spektra FTIR menunjukkan serapan pita  $2360 \text{ cm}^{-1}$  yaitu adanya vibrasi C-N dan  $1465 \text{ cm}^{-1}$  adanya vibrasi N-H. Hal ini menunjukkan adanya garam ammonium kuarterer yang di pada *interlayer* bentonit. Penentuan pH optimum dan waktu kontak pada saat adsorpsi. Dari pH 4-8 menunjukkan bahwa pH optimum untuk proses adsorpsi ion logam  $Zn^{2+}$  adalah pH 6 dengan daya adsorpsi sebesar 99,914%, sedangkan pada bentonit alam sebesar 92,94%, kemudian untuk waktu kontak adalah di 60-120 menit dengan daya adsorpsi sebesar 97,92% pada suhu sintesis  $60^{\circ}C$  serta waktu kontak untuk bentonit alam 85,31%. Data kinetika adsorpsi menggunakan model *pseudo second order* lebih sesuai untuk menjelaskan proses adsorpsi ion logam  $Zn^{2+}$ . Hal ini dapat disimpulkan bahwa bentonit yang telah dimodifikasi memiliki daya adsorpsi ion logam  $Zn^{2+}$  yang lebih besar di bandingkan dengan bentonit yang belum termodifikasi.

Kata Kunci : Bentonit, *Organobentonit*, BKC, Adsorpsi, Ion logam  $Zn^{2+}$ .



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'Alamin puji syukur kehadiran Allah SWT, atas limpahan Rahmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul: Modifikasi Bentonit Menggunakan Surfaktan Kationik Benzalkonium Klorida. Sholawat serta salam semoga tetap terlimpahkan kepada baginda Rasulullah SAW yang senantiasa memupuk rasa semangat dan keyakinan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Terselesaikannya skripsi ini tidak lepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan dan rasa hormat penulis mengahaturkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada 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. Dr. Ismail, M.Ag selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
3. Hj. Malikhatul Hidayah, M.Pd selaku Ketua Jurusan Kimia.

4. Mulyatun, M.Si selaku Sekretaris Jurusan Kimia sekaligus dosen pembimbing kedua yang telah memberikan kritik dan saran bimbingan maupun arahan yang sangat berguna dalam penyusunan skripsi.
5. Wirda Udaibah, M.Si selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Dosen dan staff dilingkungan UIN Walisongo Semarang khususnya Program Studi Kimia yang telah banyak membantu dan memberikan ilmunya kepada penulis selama kuliah.
7. Teristimewa kepada Orang Tua penulis, Bapak Sukardi dan Ibu Hartining yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanan yang luar biasa baik dari segi moril maupun materil kepada penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
8. Keluarga besar Asisten Laboratorium Kimia yang telah banyak mendampingi dan memberikan masukan selama penulis melakukan penelitian
9. Teruntuk sahabat tercinta Siska Aditya Yuniar, Windiyani, Lia Nur Khanifa serta Tina Khairunnisa yang telah motivasi, semangat dan dukungan yang tiada henti.

10. Teman-teman seperjuangan Kimia 2015 dan teman-teman KKN MIT posko 22 Jatibarang.
11. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu

Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk pembaca dan sekaligus dapat memberi masukan dalam penelitian.

Semarang, 18 Oktober 2019  
Penulis

Titik Turmiati  
NIM. 1508036023





## DAFTAR ISI

|   |           |
|---|-----------|
| HALAMAN JUDUL .....                                 | i         |
| PERNYATAAN KEASLIAN.....                            | iii       |
| PENGESAHAN .....                                    | v         |
| NOTA DINAS.....                                     | v         |
| ABSTRAK .....                                       | vii       |
| KATA PENGANTAR .....                                | xi        |
| DAFTAR ISI .....                                    | xvii      |
| DAFTAR TABEL .....                                  | xiv       |
| DAFTAR GAMBAR .....                                 | xix       |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                               | xxii      |
| <br>  |           |
| <b>BAB I: PENDAHULUAN .....</b>                     | <b>1</b>  |
| A. Latar Belakang.....                              | 1         |
| B. Rumusan Masalah .....                            | 7         |
| C. Tujuan Penelitian .....                          | 7         |
| D. Manfaat Penelitian .....                         | 8         |
| <br>  |           |
| <b>BAB II : LANDASAN TEORI .....</b>                | <b>9</b>  |
| A. Deskripsi Teori .....                            | 9         |
| 1. Bentonit .....                                   | 9         |
| 2. Pertukaran Ion .....                             | 14        |
| 3. Mekanisme Pertukaran Ion .....                   | 17        |
| 4. Surfaktan .....                                  | 17        |
| 5. Adsorpsi .....                                   | 20        |
| 6. Logam Zn .....                                   | 21        |
| 7. <i>Atomic Adsorbtion Spectroscopy</i> (AAS)..... | 22        |
| 8. <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR) .....   | 24        |
| 9. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....             | 27        |
| B. Kajian Pustaka .....                             | 33        |
| C. Kerangka Berpikir .....                          | 35        |
| <br>  |           |
| <b>BAB III: METODE PENELITIAN .....</b>             | <b>37</b> |
| A. Alat dan Bahan .....                             | 47        |

|   |           |
|---|-----------|
| 1. Alat .....                             | 37        |
| 2. Bahan .....                            | 37        |
| B. Preparasi Sample.....                  | 37        |
| C. Analisa Data.....                      | 40        |
| <b>BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b> | <b>45</b> |
| <br>                                      |           |
| <b>BAB V :PENUTUP .....</b>               | <b>65</b> |
| a. Kesimpulan .....                       | 64        |
| b. Saran .....                            | 66        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>               | <b>67</b> |
| <b>Lampiran-Lampiran .....</b>            | <b>72</b> |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2.1 Komposisi Kimia Bentonit .....   | 15 |
| Tabel 4.1 Nilai d-spacing pada bentonit dan<br><i>Organobentonit</i> .....                                     | 59 |
| Tabel 4.2 Daya adsorpsi bentonit dan organobentonit pada<br>pengaruh pH .....                                  | 61 |
| Tabel 4.3 Daya Adsorpsi Ion logam $Zn^{2+}$ terhadap waktu<br>kontak.....                                      | 64 |
| Tabel 4.4 Konstanta model kinetika dalam adsorpsi ion<br>logam $Zn^{2+}$ terhadap pengaruh waktu adsorpsi..... | 68 |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2.1 Struktur Monmorillonit .....   | 10 |
| Gambar 2.2 Ca-Bentonit dan Na-Bentonit .....  | 12 |
| Gambar 2.3 Ilustrasi interaksi lapisan montmorillonite<br>dengan surfaktan Benzalkonium Klorida .....                               | 20 |
| Gambar 2.4 Skematik prinsip kerja <i>Atomic Adsorption Spectroscopy</i> (AAS) .....   | 23 |
| Gambar 2.5 Skematik prinsip kerja <i>Fourier Transform Infrared</i><br>(FTIR) .....   | 25 |
| Gambar 2.6 Spektra FTIR .....   | 26 |
| Gambar 2.7 Skematik prinsip kerja XRD .....   | 29 |
| Gambar 2.8 Difraktogram XRD bentonit alam .....   | 30 |
| Gambar 2.9 Difraktogram <i>organobentonit</i> .....   | 31 |
| Gambar 4.1 FTIR bentonit alam .....   | 48 |
| Gambar 4.2 Perbandingan FTIR bentonit alam dan bentonit<br>termodifikasi surfaktan .....  | 49 |
| Gambar 4.3 XRD bentonit alam .....  | 51 |
| Gambar 4.4 Perbandingan XRD bentonit alam dan<br><i>Organobentonit</i> .....  | 52 |
| Gambar 4.5 Pengaruh pH terhadap persen (%) adsorpsi<br>bentonit dan <i>organobentonit</i> untuk ion<br>logam Zn <sup>2+</sup> ..... | 55 |
| Gambar 4.6 Pengaruh waktu kontak terhadap persen (%)<br>adsorpsi bentonit dan <i>organobentonit</i> untuk ion                       |    |

|  |    |
|--|----|
| logam $Zn^{2+}$ .....                                      | 59 |
| Gambar 4.7 Model kinetika <i>Pseudo First Order</i> .....  | 63 |
| Gambar 4.8 Model kinetika <i>Pseudo Second Order</i> ..... | 63 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|  |    |
|--|----|
| Lampiran 1. Skema kerja .....  | 72 |
| Lampiran 2. Difraktogram XRD bentonit alam .....   | 77 |
| Lampiran 3. Difraktogram XRD <i>organobentonit</i> pada suhu 50° C.....  | 78 |
| Lampiran 4 Difraktogram XRD <i>organobentonit</i> pada suhu 60° C.....   | 80 |
| Lampiran 5. Difraktogram XRD <i>organobentonit</i> pada suhu 70° C.....  | 82 |
| Lampiran 6. Spektra FTIR bentonit alam .....   | 84 |
| Lampiran 7. Spektra FTIR <i>organobntonit</i> pada suhu 50° C .....  | 85 |
| Lampiran 8. Spektra FTIR <i>organobntonit</i> pada suhu 60° C .....  | 86 |
| Lampiran 9. Spektra FTIR <i>organobntonit</i> pada suhu 70° C .....  | 87 |
| Lampiran 10. Data pengaruh pH adsorpsi ion logam Zn <sup>2+</sup> pada material bentonit alam dan bentonit terinterkalasi .....                  | 88 |
| Lampiran 11. Data Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Adsorpsi Ion Logam Zn <sup>2+</sup> Pada Material Bentonit Alam dan <i>Organobentonit</i> ..... | 91 |
| Lampiran 12 Data perhitungan Kinetika adsorpsi pada <i>Pseudo first order dan pseudo second orde</i> .....                                       | 94 |

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Juwana merupakan salah satu Kecamatan di Kabupaten Pati, yang mempunyai aktivitas seni kerajinan kuningan yang cukup menonjol. Produk kerajinan kuningan Juwana ini bahkan sudah menembus pasar internasional. Berdasarkan data yang diperoleh dari dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Pati tahun 2015, di Juwana terdapat 220 buah industri kecil kerajinan kuningan yang berijin dengan jumlah pekerja 5.483 orang pekerja, serta nilai investasi sebesar Rp. 8.727.893.000,00 (Priyanto,2015).

Selain dampak positif yang ditimbulkan dari adanya industri kuningan, di sisi lain juga timbul permasalahan di lingkungan sekitar seperti: bertambahnya polusi udara dari asap industri, adanya pencemaran air dari limbah pabrik serta banyaknya sumber daya alam yang rusak karena industri (Janti, 2016). Pada industri kuningan yang paling berbahaya adalah dampak pencemaran air, karena di dalamnya mengandung logam berat. Logam berat merupakan pengelompokan unsur-unsur logam yang mempunyai berat jenis lebih dari 5 g/cm<sup>3</sup>. (Imanudin, 2012). Logam berat yang termasuk dalam limbah industri kerajinan kuningan adalah Zn.

Konsentrasi ion Zn dalam konsentrasi kecil sangat diperlukan oleh makhluk hidup, contohnya sebagai atom pusat pada ko-enzim. Sayangnya, konsentrasi logam berat yang terdapat di limbah banyak yang sudah melampaui ambang batas yang diperbolehkan, sehingga sifatnya menjadi toksik bagi makhluk hidup. Seng (Zn) merupakan salah satu logam berat yang berbahaya karena sifat karsinogenik yang dimilikinya (Yousef,2012). Kadar normal Zn dalam air menurut WHO adalah 1,5 ppm, sedangkan menurut KLH adalah 0,05 ppm (Imanudin 2012). Zn bersifat racun dalam kadar tinggi, namun dalam kadar rendah dibutuhkan oleh organisme sebagai ko-enzim (Tarigan, 2003).

Oleh karena itu perlu adanya upaya untuk mengurangi atau menghilangkan logam berat Zn di dalam limbah cair. Ada banyak metode yang telah digunakan yaitu dengan menggunakan proses fisika-kimia diantaranya koagulasi, adsorpsi, flokulasi, pertukaran ion, filtrasi membran dan elektrodialisis. Metode Fisika-kimia dengan jenis adsorpsi dipilih karena efektif, murah, mudah serta praktis untuk adsorpsi limbah cair (Tohdee, 2018).

Adsorben ada dua jenis yaitu bio-sorben dan adsorben dari bahan mineral. Selama ini untuk menghilangkan beberapa logam berat dan senyawa organik adalah dengan menggunakan bio-adsorben (*Chitin, Chitosan, biomassa* dan



sebagainya). Salah satu mineral yang dapat digunakan sebagai adsorben adalah bentonit. Bentonit mempunyai potensi sebagai adsorben, karena kemampuannya mengadsorb logam berat pada limbah cair (Pandey, 2017). Bentonit sangat menarik untuk diteliti karena lempung ini mempunyai struktur berlapis dengan kemampuan mengembang (*swelling*) dan memiliki kation-kation yang dapat ditukarkan. Meskipun lempung bentonit sangat berguna untuk adsorpsi, namun kemampuan adsorpsinya terbatas. Perlu dicatat bahwa pengembangan (*swelling*) dapat mengurangi konduktivitas hidrolik dari tanah alami, sehingga larutan tidak bisa meresap ke lempung dengan mudah. Hal inilah yang menyebabkan lempung alami tidak dapat secara efektif menyerap ion-ion logam dari larutan berair (Daz-Nava, 2012).

Modifikasi bentonit alam diperlukan untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi. Surfaktan banyak digunakan untuk modifikasi dengan memanfaatkan sifat tukar kation organiknya (yang memiliki tipe seperti amonium kuarterner dan struktur alifatik) dengan anion anorganik (Daz-Nava, 2012). Bentonit dapat dimodifikasi sehingga mempunyai sifat adsorpsi selektif terhadap logam berat. Jenis surfaktan yang sering digunakan para peneliti adalah ammonium kuarterner, misalnya Hexadecyltrimetil Amonium Bromida. Ada banyak metode yang biasa digunakan dalam

penelitian seperti, koagulasi, flokulasi dan presipitasi. Metode interkalasi dipilih karena lebih tepat dalam penlitia ini. Hal ini di karenakan struktur dari bentonit yang memiliki kemampuan mengembang (*Swelling*) serta kemampuan kation-kation yang dapat di tukarkan pada sisi *interlayer*. Metode interkalasi di dasarkan pada penyisipan suatu logam pada sisi interlayer pada material. Pada proses interkalasi, jenis surfaktan ini akan menghasilkan nanoruang dua dimensi pada antar lapis lempung. Interkalasi ke dalam struktur lempung ini mengakibatkan peningkatan luas permukaan dan *d-spacing* (jarak antar lapis) yang berpengaruh terhadap kapasitas adsorpsinya. Nano ruang dua dimensi ini terjadi melalui interaksi antara ion organoamonium dengan ruang antar lapis silikat sehingga menyebabkan terbukanya ruang pada antar lapis sampai ke ukuran nano. Pertukaran antara kation antar lapis dengan ion organoamonium ini akan menghasilkan perubahan sifat permukaan pada kisi-lapis lempung (Alpes, 2017).

Interkalasi merupakan suatu proses penyisipan spesies kimia secara reversibel ke dalam antarlapis suatu struktur yang mudah mengembang tanpa merusak strukturnya. Interkalasi didasari oleh pertukaran kation yang terdapat pada antarlapis lempung seperti  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , dan  $\text{Ca}^{2+}$ . Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Yulianti (2016)

pemanfaatan lempung yang telah dimodifikasi dengan surfaktan dapat menyerap logam berat dan senyawa organik. Interkalasi surfaktan ke dalam antar lapis lempung menyebabkan terbukanya ruang pada antar lapis sampai ke ukuran nano sehingga dapat digunakan untuk mengadsorpsi molekul dengan ukuran yang lebih besar. Surfaktan juga berpengaruh terhadap besarnya jumlah situs aktif yang terjadi pada lempung yang dimodifikasi. Mengingat hal-hal diatas maka penelitian ini sangat penting untuk diteliti mengenai proses interkalasi surfaktan dan kemampuan adsorpsinya terhadap limbah cair industri. Tingkat adsorpsi  $Zn^{2+}$  meningkat dengan meningkatnya pH, suhu, kecepatan pengadukan, rentang waktu dan dengan penurunan partikel bentonit, konsentrasi awal  $Zn^{2+}$  dan cairan-rasio yang padat . Araujo (2013) menentukan kapasitas adsorpsi  $Zn^{2+}$  oleh lempung bentonit. Bentonit di beri perlakuan panas untuk mengoptimalkan kapasitas adsorpsi.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Daz-Nava (2012) berhasil memodifikasi bentonit dengan Bencylhexadecyl Dimethyl Ammonium Chloride (BCDMACl) dan Hexadecyl Trimethyl Ammonium Bromide (HDTMABr), dan menguji bentonit yang termodifikasi surfaktan untuk adsorpsi fenol. Hasilnya, penghilangan fenol tergantung pada

beberapa faktor, seperti struktur surfaktan, spesies fenol, pH, dan konsentrasi awal zat terlarut.

Penelitian yang dilakukan oleh Tohdee (2018), hasilnya juga mengungkapkan bahwa bentonit termodifikasi telah meningkatkan kapasitas adsorpsi secara signifikan (maks q 50,76 dan 35,21 mg/g untuk Cu (II) dan Zn (II), masing-masing); peningkatan 2,5 dan 2,0 kali lipat di atas bentonit alam. Studi ini mendemonstrasikan bentonit termodifikasi sebagai adsorben efektif untuk menghilangkan logam berat dari larutan berair.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Rahmawati (2016), mengenai interkalasi lempung dengan surfaktan garam ammonium kuarterner dan aplikasinya pada penyerapan logam Hg, maka persentase penyerapan lempung tanpa terinterkalasi sebesar 96,33 % dan kapasitas penyerapannya sebesar 9,63 mg/g, sedangkan untuk lempung terinterkalasi surfaktan mengalami peningkatan seiring dengan tingkat rasio berat surfaktan yang ditambahkan yaitu dari 1 g ke 5 g persentase penyerapan 97,26 % dan kapasitas adsorpsi 9,73 mg/g menjadi persen penyerapan 98,98 % dan kapasitas adsorpsi 9,90 mg/g.

Berdasarkan latar belakang tersebut, akan dilakukan penelitian mengenai (1) modifikasi bentonit dengan metode interkalasi surfaktan benzalkonium klorida (BKC) ke dalam

struktur lempung bentonit yang di pengaruhi oleh suhu dan pH dan (2) uji adsorpsinya terhadap ion logam Zn. Surfaktan BKC dipilih sebagai spesies kimia yang akan diinterkalasi ke dalam antarlapis lempung bentonit karena merupakan surfaktan jenis kationik, dimana muatan positif dari surfaktan akan berikatan dengan muatan negatif lempung. Selain itu, panjang rantai alkil pada BKC dan adanya ikatan  $\pi$ - $\pi$  yang terbentuk karena adanya cincin benzena yang dapat meningkatkan sifat hidrofobik bentonit (Luo, 2015). Interkalasi ke dalam struktur lempung bentonit diharapkan menjadikan lempung ini lebih efektif sebagai adsorben untuk menyerap ion Zn.

## **B. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas maka, perumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh suhu pada interkalasi surfaktan benzalkonium klorida terhadap karakteristik bentonit ?
2. Bagaimana pengaruh pH dan waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi ion  $Zn^{2+}$ ?
3. Bagaimana pengaruh interkalasi surfaktan benzalkonium klorida terhadap kapasitas adsorpsi ion Zn (II) pada limbah kuning di Juwana?

### **C. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan perumusan masalah di atas maka, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui pengaruh suhu pada interkalasi surfaktan benzalkonium klorida terhadap karakteristik bentonit.
2. Untuk mengetahui pengaruh pH dan waktu kontak kapasitas adsorpsi ion  $Zn^{2+}$ .
3. Untuk mengetahui pengaruh interkalasi surfaktan benzalkonium klorida terhadap kapasitas adsorpsi ion Zn (II) pada limbah kuningan di Juwana.

### **D. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah memberi informasi mengenai pengaruh modifikasi bentonit menggunakan surfaktant kationik benzalkonium klorida dan aplikasinya untuk menurunkan logam berat, khususnya logam berat Zn(II).

## BAB II

### LANDASAN TEORI

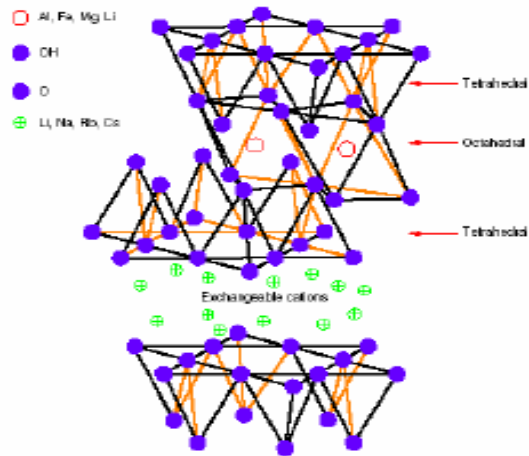
#### A. Deskripsi Teori

##### 1. Bentonit

Bentonit adalah *clay* yang sebagian besar terdiri dari monmorillonit dengan mineral-mineral minor seperti kwarsa, kalsit, dolomit, feldspars, dan mineral minor lainnya. Montmorillonit merupakan bagian dari kelompok *smectit* dengan komposisi kimia secara umum  $(\text{Mg,Ca})\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Bentonit berbeda dari *clay* lainnya karena hampir seluruhnya (85%) merupakan mineral montmorillonit. Mineral montmorillonit terdiri dari partikel yang sangat kecil sehingga hanya dapat diketahui melalui studi menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*). Struktur montmorillonit memiliki konfigurasi 2:1 yang terdiri dari dua silikon oksida tetrahedral dan satu aluminium oksida oktahedral. Pada tetrahedral, 4 atom oksigen berikatan dengan atom silikon di ujung struktur.

Empat ikatan silikon terkadang disubstitusi oleh tiga ikatan aluminium. Pada oktahedral, atom aluminium berkoordinasi dengan enam atom oksigen atau gugus-gugus hidroksil yang berlokasi pada ujung oktahedron.  $\text{Al}^{3+}$  dapat digantikan oleh  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ , dan kation

lainnya. Substitusi isomorphorous dari  $Al^{3+}$  untuk  $Si^{4+}$  pada tetrahedral dan  $Mg^{2+}$  dan  $Zn^{2+}$  untuk  $Al^{3+}$  pada oktahedral menghasilkan muatan negatif pada permukaan *clay*, hal ini diimbangi dengan adsorpsi kation di lapisan *interlayer* (Alemdar, 2005).



Gambar 2.1 Struktur Monmorillonite

Adanya atom-atom yang terikat pada masing-masing lapisan struktur montmorillonit memungkinkan air atau molekul lain masuk di antara unit lapisan. Akibatnya kisi akan membesar pada arah vertikal. Selain itu karena adanya pergantian atom Si oleh Al menyebabkan terjadinya penyebaran muatan negatif pada permukaan bentonit. Bagian inilah yang disebut situs aktif (*active site*) dari bentonit



dimana bagian ini dapat menyerap surfaktan kationik dan ion-ion senyawa logam.

### **a. Tipe Bentonit dan Pemanfaatannya**

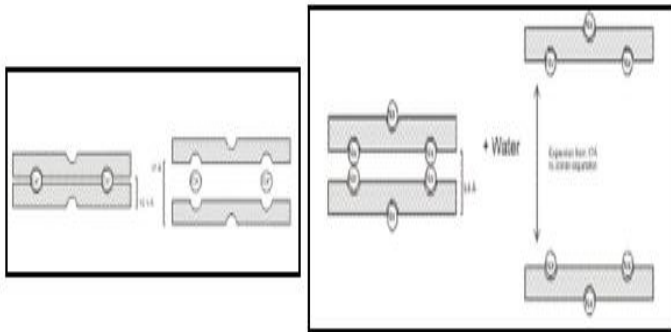
Di alam, bentonit terdiri atas dua jenis, yaitu natrium bentonit dan kalsium bentonit yang keduanya dapat dibedakan dari sifat mengembang (*swelling*) bila dicelupkan ke dalam air.

#### **1. Natrium Bentonit**

Memiliki kemampuan mengembang (*Swelling*) delapan kali lipat bila dicelupkan ke dalam air dan membentuk suspensi kental setelah bercampur air dengan pH 8,5-9,8. Pemanfaatannya sebagai lumpur pembilas pada kegiatan pemboran, pembuatan pelet biji besi, penyumbat kebocoran bendungan dan kolam. Selain itu digunakan juga dalam industri minyak sawit dan farmasi.

#### **2. Kalsium Bentonit**

Kurang menyerap air (kurang mengembang), akan tetapi secara alamiah ataupun setelah diaktifkan dengan asam, mempunyai sifat menghisap yang baik dan tetap terdispersi dalam air. Dapat dimanfaatkan sebagai bahan pemucat warna pada proses pemurnian minyak goreng, katalis, zat pemutih, zat penyerap, dan sebagai filler pada industri kertas dan polimer (Syuhada, 2009).



Gambar 2.2 Ca-bentonit dan Na-Bentonit.

## b. Sifat Fisik dan Kimia Bentonit

Dalam keadaan kering bentonit mempunyai sifat fisik berupa partikel butiran yang halus berbentuk rekahan-rekahan atau serpihan yang khas seperti tekstur pecah kaca (*concoidal fracture*), kilap lilin, lunak, plastis, berwarna kuning muda hingga abu-abu, bila lapuk berwarna coklat kekuningan, kuning merah atau coklat, bila diraba terasa licin, dan bila dimasukkan ke dalam air akan menghisap air. Sifat fisik lainnya berupa:

massa jenis : 2,2-2,8 g/L

indeks bias : 1,547-1,557

titik lebur : 1330-1430 °C

Bentonit berupa mineral yang memiliki gugus aluminosilikat. Unsur-unsur kimia yang terkandung dalam bentonit diperlihatkan pada tabel berikut.

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Bentonit

| Senyawa                        | Na-bentonit (%) | Ca-bentonit (%) |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 61,4            | 62,12           |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 19,8            | 17,33           |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 3,9             | 5,30            |
| CaO                            | 0,6             | 3,68            |
| MgO                            | 1,3             | 3,30            |
| Na <sub>2</sub> O              | 2,2             | 0,50            |
| K <sub>2</sub> O               | 0,4             | 0,55            |
| H <sub>2</sub> O               | 7,2             | 7,22            |

(Puslitbang Tekmira, 2002)

Partikel bentonit bermuatan negatif yang diimbangi dengan kation yang dapat dipertukarkan dan terikat lemah (Na, Ca, Mg, atau K). Adanya kation yang dapat dipertukarkan ini memungkinkan bentonit

memisahkan logam berat dari air, dan juga memisahkan senyawa organik kationik (Munandar, 2014).

## **2. Pertukaran Ion**

### **a. Definisi Tukar Kation**

*Ion exchanger* atau resin penukar ion dapat didefinisikan sebagai senyawa hidrokarbon terpolarisasi yang mengandung ikatan silang (*crosslinking*) serta gugus-gugus fungsional yang mempunyai ion-ion yang dapat dipertukarkan. Zat penukar ion yang berupa resin mempunyai karakteristik dalam analisis kimia, antara lain: kemampuan menggelembung (*swelling*), kapasitas penukaran dan selektivitas penukaran.

Pada saat dikontakkan dengan resin penukar ion, maka ion terlarut dalam air akan terserap ke resin penukar ion dan resin akan melepaskan ion lain dalam kesetaraan ekuivalen, dengan melihat kondisi tersebut maka dapat mengatur jenis ion yang diikat dan dilepas. Sebagai media penukar ion, maka resin penukar ion harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

- a. Kelarutan yang rendah dalam berbagai larutan sehingga dapat digunakan berulang-ulang. Resin akan bekerja dalam cairan yang mempunyai sifat melarutkan, karena itu harus tahan terhadap air.

- b. Kapasitas yang tinggi, yaitu resin memiliki kapasitas pertukaran ion yang tinggi.
- c. Kestabilan fisik yang tinggi, yaitu resin diharapkan tahan terhadap tekanan mekanis tekanan hidrostatik cairan serta tekanan osmosis (Al-jabri, 2008).

## **b. Prinsip Penukar Ion**

Penukar ion kebanyakan berupa bahan organik, yang umumnya dibuat secara sintetik. Bahan tersebut sering juga disebut resin penukar ion. Penukar ion mengandung bagian-bagian aktif dengan ion yang dapat ditukar. Bagian aktif semacam itu misalnya adalah:

### 1. Penukar kation

Kelompok-kelompok asam sulfo –  $\text{SO}_3^- \text{H}^+$  (dengan sebuah ion  $\text{H}^+$  yang dapat ditukar).

### 2. Penukar anion

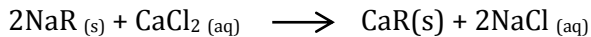
Kelompok-kelompok amonium kuartener  $\text{N}^+(\text{CH}_3)_3$   $\text{OH}^-$  (dengan sebuah ion  $\text{OH}^-$  yang dapat ditukar).

Pertukaran ion adalah proses fisika-kimia. Proses tersebut senyawa yang tidak larut, dalam hal ini resin menerima ion positif atau negatif tertentu dari larutan dan melepaskan ion lain kedalam larutan tersebut dalam jumlah ekuivalen yang sama. Jika ion yang dipertukarkan berupa kation, maka resin tersebut dinamakan resin penukar kation, dan jika ion yang dipertukarkan berupa

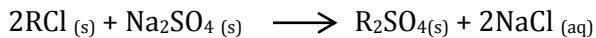
anion, maka resin tersebut dinamakan resin penukar anion.

Salah satu reaksi pertukaran kation dan reaksi pertukaran anion disajikan pada reaksi :

Reaksi pertukaran kation:



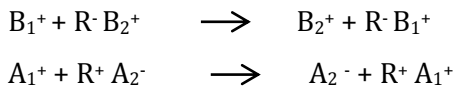
Reaksi pertukaran anion :



Reaksi pertukaran kation menyatakan bahwa larutan yang mengandung  $\text{CaCl}_2$  diolah dengan resin penukar kation  $\text{NaR}$ , dengan  $\text{R}$  menyatakan resin. Proses pertukaran kation yang diikuti dengan pertukaran anion untuk mendapatkan air yang bebas dari ion-ion penyebab kesadahan. Konstanta disosiasi air sangat kecil dan reaksi dari  $\text{H}^+$  dengan  $\text{OH}^-$  sangat cepat. Ketika semua posisi pertukaran yang awalnya dipegang  $\text{H}^+$  atau ion  $\text{OH}^-$  yang menempati  $\text{Na}^+$  atau  $\text{Cl}^-$  (kation atau anion lain) yang masing-masing resin dikatakan habis. Resin kemudian dapat diregenerasi dengan ekuilibrasi menggunakan asam atau basa yang sesuai (Aragno, 2005).

### c. Mekanisme Pertukaran Ion

Pertukaran ion dapat ditempatkan sebagai unit operasi dalam equilibrium (kesetimbangan) kimia. Pertukaran ion menyangkut salah penempatan ion yang diberikan spesies dari pertukaran material yang tidak dapat larut dengan ion-ion yang berbeda spesies ketika larutan yang terakhir dibawa sampai bercampur. Pertukaran ion bisa digambarkan dengan kesetimbangan umum :



Di mana :

$A_1^+$  ,  $B_1^+$  = Kation-kation dari 2 spesies (jenis) yang berbeda.

$A_1^-$  ,  $A_2^-$  = Anion-anion dari 2 spesies (jenis) yang berbeda.

$R^-$  ,  $R^+$  = Penukaran bahan-bahan dari kation dan anion masing-masing (Pujiastuti, 2008).

### 3. Surfaktan

Surfaktan atau zat aktif permukaan adalah molekul organik yang memiliki gugus liofilik dan gugus liofobik. Jika pelarutnya air, maka kedua gugus tersebut berturut-turut disebut hidrofilik dan hidrofobik. Umumnya surfaktan dilambangkan dengan model kepala dan ekor. Bagian kepala

memiliki arti bagian hidrofilik dan bagian ekor adalah bagian hidrofobik.

Bagian hidrofilik merupakan bagian logam atau senyawaan logam, sedangkan gugus hidrofobik merupakan rantai hidrokarbon alkil atau alkilaril. Panjang ekor (jumlah atom C) dan konformasi surfaktan akan mempengaruhi besar perubahan basal *spacing* pada *organoclay* yang akan disintesis.

#### **a. Klasifikasi Surfaktan**

Klasifikasi surfaktan berdasarkan gugus hidrofiliknya (Myers, 1999) adalah sebagai berikut:

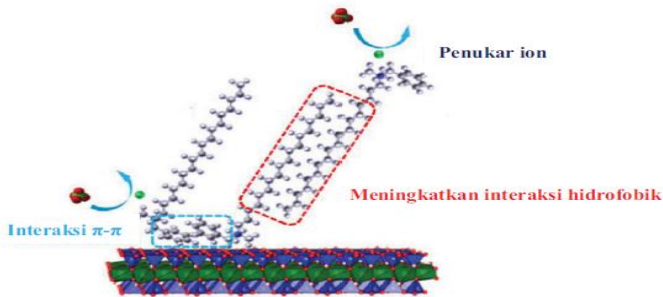
1. Surfaktan anionik, yaitu surfaktan dengan bagian permukann aktifnya membawa mautan negatif. Surfaktan yang termasuk dalam golongan ini adalah *Sodium Dodesyl Sulfate*, Natrium Stearat.
2. Surfaktan Amfoter (Zwitter Ion) merupakan surfaktan yang mengandung muatan positif atau negatif pada bagian permukaannya, yang bergantung pada pH larutan. Pada pH di bawah dibawah titik isoelektrik. Surfaktan ini bersifat kationik, sedangkan pada pH diatas titik isoelektrik surfaktan ini bersifat anionik surfaktan yang termasuk golongan ini adalah Dodesil Betain.



3. Surfaktan non ionik, adalah surfaktan dengan bagian aktifnya tidak membawa muatan. Surfaktan yang termasuk dalam golongan ini adalah Tergitol dan Poliostilen laurel eter.
4. Surfaktan Kationik, yaitu surfaktan dengan bagian permukaan aktifnya membawa muatan positif. Surfaktan yang termasuk dalam golongan ini adalah jenis Ammonium kuartener.

#### **b. Surfaktan Benzalkonium Klorida**

Benzalkonium Klorida ( $C_6H_5CH_2N^+(CH_3)_2C_{18}H_{37}Cl$ ) merupakan salah satu contoh dari surfaktan kationik yang dapat diinterkalasikan ke dalam antar lapis lempung. Surfaktan ini memiliki gugus hidrofilik yang bermuatan positif di dalam larutan dan merupakan senyawa ammonium kuarterner ( $NR_4^+$ ). Interaksi antara lapisan montmorillonit dengan surfaktan diperlihatkan pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Ilustrasi interaksi lapisan montmorillonit dengan surfaktan benzalkonium klorida (Luo, 2015)

#### 4. Adsorpsi

Adsorpsi ialah proses yang terjadi ketika suatu fluida (cairan maupun gas) terikat pada suatu padatan. Sehingga membentuk suatu film (lapisan tipis) pada permukaan padatan tersebut. Adsorpsi secara umum adalah proses penggumpalan substansi terlarut (*soluble*) yang ada dalam larutan oleh permukaan zat atau benda penyerap, dimana terjadi suatu ikatan kimia fisika antara substansi dengan penyerapnya. Definisi lain menyatakan bahwa adsorpsi adalah peristiwa penyerapan pada lapisan permukaan atau antar fasa (Bradey, 1999).

Mekanisme penyerapan dapat dibedakan menjadi dua, yaitu adsorpsi secara fisika (fisorpsi) dan secara kimia (kemisorpsi). Pada proses fisorpsi, interaksi yang terjadi antara adsorbat dan adsorben adalah gaya *Van der Waals*.

Molekul yang terikat lebih lemah dan energi yang dilepaskan relatif rendah, sekitar 20 kJ/mol. Di sisi lain, proses kemisorpsi, interaksi adsorbat dan adsorben tersedia melalui pembentukan ikatan yang lebih kuat (ikatan kovalen), dengan energi yang dilepaskan relatif tinggi, sekitar 100 kJ/mol (Atkins, 1978).

## **5. Logam Zn**

Zinc adalah elemen yang sangat penting untuk kesehatan manusia. Namun, terlalu banyak seng dapat menyebabkan masalah kesehatan yang menonjol, seperti kram perut, iritasi kulit, muntah, mual dan anemia (Oyaro, 2007). Tingkat kontaminan maksimum adalah batas ambang hukum pada jumlah zat yang diperbolehkan dalam sistem air publik di bawah Undang-Undang Air Minum yang Aman. EPA telah menetapkan tingkat kontaminan maksimum untuk Zinc dari 5 miligram per liter (mg/L) dalam air.

Berbagai faktor seperti konsentrasi awal  $Zn^{2+}$ , rasio cair ke padat, pH, waktu adsorpsi, kecepatan pengadukan, ion yang bersama, suhu dan ukuran partikel bentonit bervariasi untuk mengoptimalkan adsorpsi  $Zn^{2+}$ . pH optimum yang digunakan pada saat adsorpsi dengan menggunakan bentonit adalah 7-11, sedangkan untuk waktu kontak optimum adsorpsi adalah mulai dari 10 menit (Tohdee, 2018). Hasil proses adsorpsi

bentonit lebih cocok dengan model isotherm freundlich, penghilangan  $Zn^{2+}$  oleh Ca-bentonit dan Na-ditukar bentonit mencapai kesetimbangan dalam 2 jam, dan adsorpsi Na-bentonit lebih unggul daripada Ca-bentonit (Araujo, 2013).

## **6. Analisis Atomic Adsorption Spectroscopy (AAS)**

### **a. Pengertian Atomic Adsorption Spectroscopy**

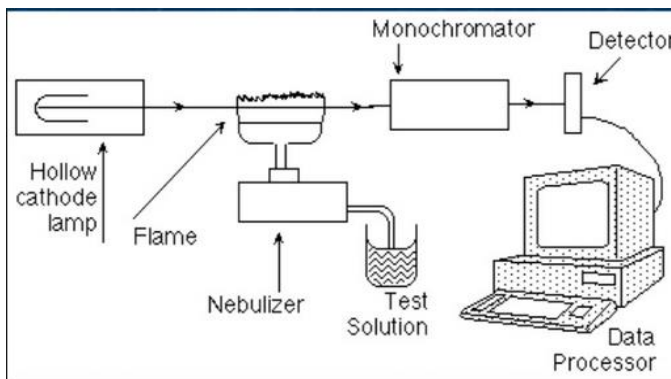
Prinsip dasar spektrofotometri serapan atom adalah interaksi antara radiasi elektromagnetik dengan sampel. Spektrofotometri serapan atom merupakan metode yang sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah. Teknik ini adalah teknik yang paling umum dipakai untuk analisis unsur. Teknik-teknik ini didasarkan pada emisi dan absorpsi dari uap atom. Komponen kunci pada metode spektrofotometri serapan atom adalah sistem (alat) yang dipakai untuk menghasilkan uap atom dalam sampel (Sastrohamidjojo, 2001).

### **b. Prinsip Kerja Atomic Adsorption Spectroscopy (AAS)**

Cara kerja spektroskopi serapan atom ini adalah berdasarkan atas penguapan larutan sampel, kemudian logam yang terkandung didalamnya diubah menjadi atom bebas. Alat yang dapat membuat atom-atom bebas dalam spektrofotometri serapan atom adalah *atomizer*. Larutan

unsur mula-mula disedot ke dalam *nebulizer* (berfungsi untuk mengubah larutan aerosol yaitu butir-butiran cairan yang sangat halus, yang terdispersi dalam udara), selanjutnya larutan diubah dalam bentuk kabut (tetesan-tetesan yang amat halus dalam fasa gas atau aerosol) di dalam *spray chamber* (berfungsi untuk membuat campuran yang homogen dari gas oksidan plus bahan bakar aerosol. Kemudian dengan tambahan gas terjadilah campuran yang homogen sesaat sebelum masuk ke dalam *burner*.

Atom tersebut mengabsorpsi radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan dari lampu katoda (*Hollow Cathode Lamp*) yang mengandung unsur yang akan ditentukan. Banyaknya penyerapan radiasi kemudian diukur pada panjang gelombang tertentu menurut jenis logamnya (Darmono, 2010).



Gambar 2.4. Skematik prinsip kerja AAS

Jika radiasi elektromagnetik dikenakan kepada suatu atom, maka akan terjadi eksitasi elektron dari tingkat dasar ke tingkat tereksitasi. Maka setiap panjang gelombang memiliki energi spesifik untuk dapat tereksitasi ke tingkat yang lebih tinggi (Khopkar, 1990).

## **7. Analisis *Fourier Transform Infrared* (FTIR)**

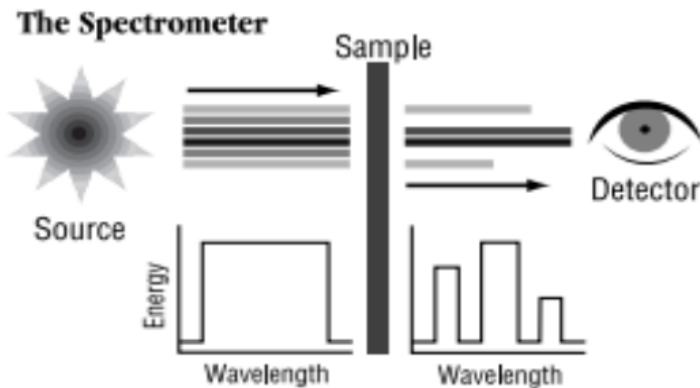
### **a. Pengertian FTIR**

FTIR atau *Forier Transform Infra Red*. FTIR adalah teknik yang digunakan untuk mendapatkan spektrum infra merah dari absorbansi, emisi, fotokonduktivitas dari sampel padat, cair, dan gas. Karakterisasi dengan menggunakan FTIR bertujuan untuk mengetahui jenis-jenis vibrasi antar atom. FTIR juga digunakan untuk menganalisa senyawa organik dan anorganik serta analisa kualitatif dan analisa kuantitatif dengan melihat kekuatan absorpsi senyawa pada panjang gelombang tertentu (Hindrayawati, 2010).

### **b. Prinsip Kerja FTIR**

Spektroskopi FTIR menggunakan sistem optik dengan laser yang berfungsi sebagai sumber radiasi. Sumber radiasi kemudian diinterferensikan oleh radiasi inframerah agar sinyal radiasi yang diterima oleh detektor memiliki kualitas yang baik dan bersifat utuh (Sibilia, 1996).

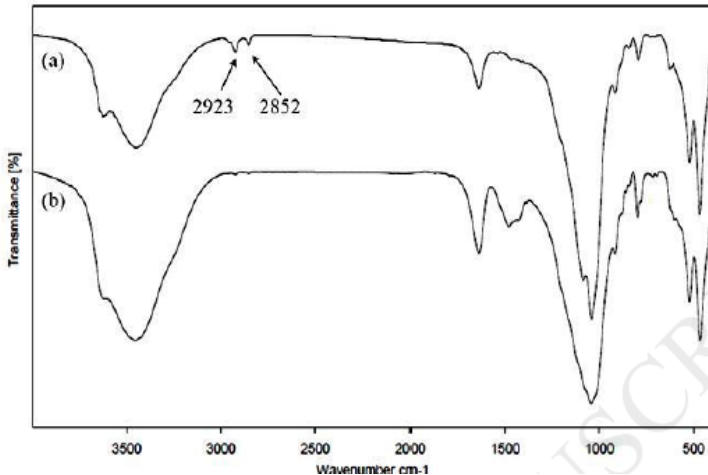
Prinsip kerja FTIR berupa infrared yang melewati celah kesampel. Dimana celah tersebut berfungsi mengontrol jumlah energi yang disampaikan kepada sampel. Kemudian beberapa infrared diserap oleh sampel dan yang lainnya ditransmisikan melalui permukaan sampel. Sehingga sinar *infrared* lolos ke detektor dan sinyal yang terukur kemudian dikirim kekomputer seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 dibawah ini (Thermo, 2001).



Gambar 2.5. Skematik prinsip kerja FTIR

c. Spektra FTIR bentonit alam dan bentonit modifikasi

Berikut adalah diagram hasil instrumentasi dengan FTIR bentonit alam dan bentonit modifikasi yang di dapatkan dari penelitian Tohdee(2018).



Gambar 2.6. Spektra FTIR (a) bentonit modifikasi  
(b) bentonit alam.

Spektra FTIR bentonit alam dan bentonit yang sudah di modifikasi pada gambar tersebut menggunakan bilangan gelombang antara 4000-400  $\text{cm}^{-1}$ . Pada bilangan gelombang 3452  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya ikatan molekul OH baik pada bentonit alam maupun bentonit modifikasi. Air yang ada pada bentonit ditunjukkan pada bilangan gelombang 1638  $\text{cm}^{-1}$  yang diperjelas dengan adanya vibrasi pembengkokan dari OH.



Bilangan gelombang 3620  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya ikatan antara Al-Al-OH pada bentonit alam. Bilangan gelombang 917 dan 852  $\text{cm}^{-1}$  mempertegas adanya ikatan Al-Al-OH dan Al-Fe-OH. Molekul Si-O dapat diamati pada bilangan gelombang 1042-1045 $\text{cm}^{-1}$  dan di pertegas pada bilangan gelombang 521  $\text{cm}^{-1}$ . Doublet pada bilangan gelombang 825 dan 797  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan ada kuarsa dalam bentonit. Secara umum, semua ikatan yang dijelaskan diatas adalah ciri khas dari bentonit.

Untuk bentonit yang sudah di modifikasi mengalami pergeseran dari ikatan-ikatan tersebut yang di pengaruhi oleh surfaktan kationik. Bilangan gelombang 2923 dan 2852 $\text{cm}^{-1}$  menegaskan bahwa surfaktan kationik ada dalam bentonit yang di modifikasi. Ikatan molekul yang ada C-H simetris dan asimetris dari gugus metil dan metilen, yang tidak ada dari spektrum bentonit alam (Dutta, 2015).

## **8. Analisis X-Ray Diffraction (X-RD)**

### **a. Pengertian XRD**

*X-Ray Diffraction* (XRD) merupakan salah satu metode karakteristik material yang paling tua dan paling sering digunakan hingga sekarang. Teknik ini digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel. Bahan yang dianalisa

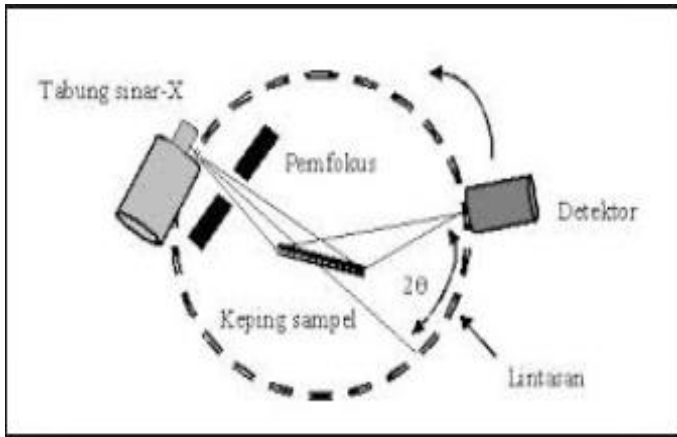
adalah tanah halus, homogenized, dan rata-rata komposisi massal ditentukan (Skoog dan west, 1980).

Pada waktu suatu material dikenai sinar-X, maka intensitas sinar yang ditransmisikan lebih rendah dari intensitas sinar datang. Hal ini disebabkan adanya penyerapan oleh material dan juga penghamburan oleh atom-atom dalam material tersebut. Berkas sinar-X yang dihamburkan tersebut ada yang saling menghilangkan karena fasanya berbeda dan ada juga yang saling menguatkan karena fasanya sama. Berkas sinar-X yang saling menguatkan itulah yang disebut sebagai berkas difraksi (Skoog dan west, 1980).

Hasil dari penembakan logam dengan elektron energi tertinggi dengan karakterisasi tersebut sinar-X mampu menembus zat padat sehingga dapat digunakan untuk menentukan struktur kristal. Hamburan sinar ini dihasilkan bila suatu elektron logam ditembak dengan elektron-elektron berkecepatan tinggi dalam tabung hampa udara (Beiser, 1992).

#### b. Prinsip Kerja XRD

Salah satu teknik yang digunakan untuk menentukan struktur suatu padatan kristalin adalah dengan menggunakan metode difraksi sinar X serbuk (*Xray powder diffraction*) seperti terlihat pada gambar 5 berikut:

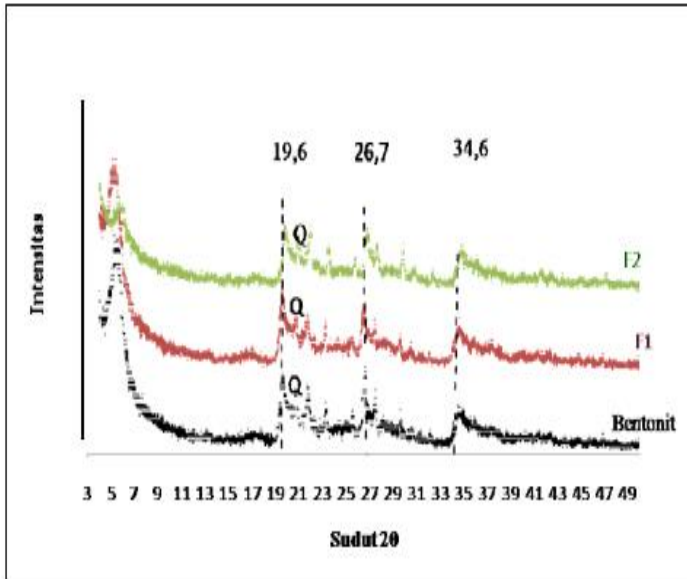


Gambar 2.7 Prinsip kerja *x-ray diffraction*

Dari gambar di atas dapat dijelaskan bahwa, jika seberkas sinar-X ditembakkan pada sampel padatan kristalin, maka bidang kristal ini akan membiaskan sinar-X yang memiliki panjang gelombang yang sama dengan jarak kisi dalam kristal (yang memenuhi hukum Bragg). Kemudian sinar yang dibiaskan akan ditangkap oleh detektor, detektor kemudian akan mencatat puncak intensitas yang bersesuaian dengan orde pembiasan (orde- $n$ ) yang digunakan, yang kemudian akan ditampilkan dalam bentuk grafik yaitu grafik difraktogram yang merupakan grafik hubungan antara intensitas (cps) dengan  $2\theta$ .

### c. Difraktogram Bentonit

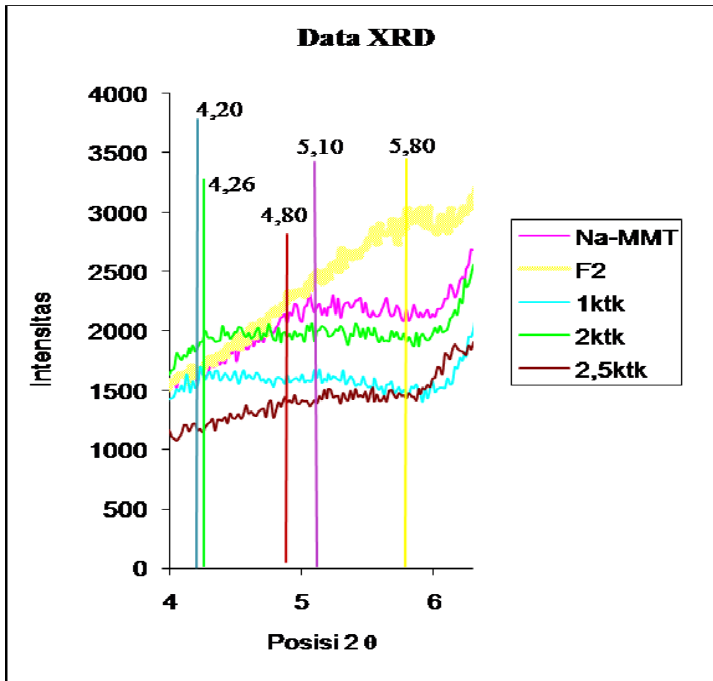
Berikut adalah diagram hasil instrumentasi dengan XRD bentonit alam dan bentonit modifikasi yang di dapatkan dari penelitian Oktaviani (2011).



Gambar 2.8 Difraktogram Bentonit

Gambar 2.8. menunjukkan pola difraksi bentonit Tapanuli, Fraksi 1, dan Fraksi 2. Berdasarkan gambar tersebut, muncul puncak-puncak khas bentonit, yaitu pada sudut  $2\theta = 19.6^\circ$  ;  $26.7^\circ$  dan  $34.6^\circ$ . Selain itu, puncak kuarsa terdeteksi pada  $2\theta = 21^\circ$ . Hal ini menunjukkan adanya pengotor berupa kuarsa pada bentonit Tapanuli, Fraksi 1 dan Fraksi 2.

Pada penelitian ini, digunakan surfaktan ODTMABr untuk mensintesis *organoclay*. Hal ini dikarenakan pada studi sebelumnya yang dilakukan oleh Diana (2010), didapatkan ODTMABr memiliki nilai *d-spacing* yang lebih besar daripada HDTMA-Br pada nilai KTK yang sama.



Gambar 2.9 Pola Difraktogram dari bentonit dan *organoclay*

Pada pola tersebut menunjukkan peningkatan *spacing* pada interlayer bentonit. Penambahan surfaktan ODTMABr lebih besar dari 1 KTK tidak mengubah nilai basal *spacing* menjadi lebih besar. Bahkan pada penambahan surfaktan 2,5

KTK, nilai d-spacing menurun menjadi 18.02 Hal ini sesuai dengan laporan Syuhada dkk (2008) bahwa nilai KTK yang lebih besar dari 1,0 akan mengurangi peningkatan d-spacing. Hal ini kemungkinan dikarenakan konsentrasi surfaktan yang berlebih, akan menyebabkan surfaktan tersusun secara lateral satu lapis dalam bentonit. Pola XRD untuk 2,5 KTK pun mengalami perubahan (Gambar 2.9). Perubahan pada difraktogram tersebut kemungkinan disebabkan pengaruh dari penambahan surfaktan yang berlebihan.

## B. Kajian Pustaka

1. Tohdee K, Kaewsichan L. 2018. Hasil penelitian: mengungkapkan bahwa bentonit termodifikasi telah meningkatkan kapasitas adsorpsi secara signifikan (maks q 50,76 dan 35,21 mg/g untuk Cu (II) dan Zn (II), masing-masing) mengalami peningkatan 2,5 dan 2,0 kali lipat di atas bentonit alam.
2. Daz-Nava, Olguin M T, Rios S. 2012. Hasil penelitian: berhasil memodifikasi bentonit dengan Bencylhexadecyl Dimethyl Ammonium Chloride (BCDMACl) dan Hexadecyl Trimethyl Ammonium Bromide (HDTMABr), dan menguji surfactant modified bentonite untuk adsorpsi fenol. Mereka menyimpulkan bahwa penghilangan fenol tergantung pada beberapa faktor, seperti struktur surfaktan, spesies fenol, pH, dan konsentrasi awal zat terlarut.
3. Bourgas Ann & Simon S. 2018. Hasil Penelitian: penambahan surfaktan dalam campuran tanah dapat mengurangi dilatasi dan dalam jumlah kecil surfaktan cukup untuk mengurangi dilatasi secara signifikan. Namun, jumlah yang ditambahkan (0,5% dan 5%) tidak menukar semua kation. Secara teoritis, untuk bertukar semua kation dari bentonit 15 dan 7,5% dari surfaktan seharusnya ditambahkan ke dalam campuran, dan

15,5% untuk campuran clay 15 Mt. Namun, telah diasumsikan bahwa kelebihan dari surfaktan, misalnya 22%, dapat membentuk garam higroskopis dan dengan demikian, secara signifikan meningkatkan sifat higroskopis dari material.

Berdasarkan kajian pustaka sebelumnya, maka akan dilakukan penelitian mengenai modifikasi bentonit dengan surfaktan kation Benzalkonium klorida. Perbedaan dari penelitian sebelumnya terletak pada tukar kation, jenis surfaktan yang digunakan serta pengaruh suhu pada saat interkalasi.



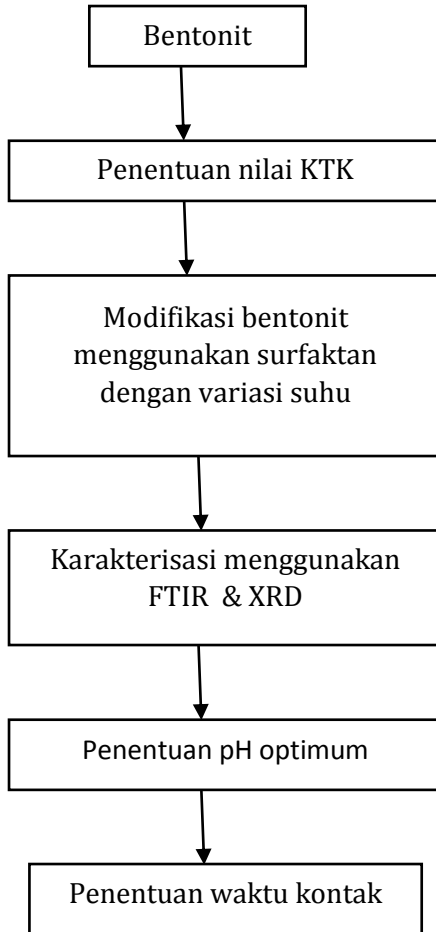
### C. Kerangka Berpikir

Dampak logam berat pada lingkungan semakin meningkat akhir-akhir ini, khususnya lingkungan perairan. Logam berat tersebut pada umumnya disebabkan oleh meningkatnya kegiatan industri. Khususnya pengolahan kuningan yang ada di Juwana. Logam berat yang terkandung didalamnya adalah Zn (II). Apabila ion Zn(II) mencemari lingkungan dan kadarnya melebihi ambang batas yang ditetapkan, maka akan menyebabkan keracunan. Namun dalam kadar rendah dibutuhkan oleh organisme sebagai koenzim.

Terkait permasalahan tersebut maka akan dilakukan penelitian mengenai studi pencegahan logam berat Zn(II) dengan menggunakan metode adsorpsi. Media yang digunakan adalah bentonit yang diinterkalasikan menggunakan surfaktan kationik Benzalkonium Klorida (BKC). Tahap awal yang dilakukan adalah menentukan kapasitas tukar kation pada bentonit. Tukar kation ini dilakukan karena digunakan untuk mengetahui seberapa banyak surfaktan yang digunakan dalam modifikasi bentonit.

Tahap kedua adalah modifikasi bentonite menggunakan surfaktan Benzalkonium Klorida, setelah itu di karakterisasi dengan menggunakan FTIR dan XRD. Tahap ketiga adalah penentuan pH optimum pada adsorpsi

*organobentonit*. Tahap keempat adalah penentuan waktu kontak dari *organobentonit*.



## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### A. Alat dan Bahan

##### 1. Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain botol ampul, gelas beker 250 mL, *hotplate magnetic stirrer*, tabung reaksi, pipet tetes, gelas ukur, batang pengaduk, oven, neraca analitis, thermometer, dan instrumen *X-Ray Diffraction*, FTIR, dan *Atomic Adsorption Spectroscopy* (AAS).

##### 2. Bahan

Bahan-bahan yang diperlukan untuk penelitian adalah bentonit,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{AgNO}_3$ , BKC (Benzal Konium Klorida).

#### B. Preparasi sampel

##### a. Kapasitas Tukar Kation

Dari 1 g bentonit tersebut di tambah dengan larutan buffer  $\text{CH}_3\text{COONa}$  1M dengan pH 5 kemudian di aduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 18 jam. Kemudian setelah pengadukan di tambahkan larutan  $\text{KCl}$  1M dengan pH 7 di aduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 18 jam.

Proses berikutnya adalah tahap penyaringan. Dimana filtratnya diuji dengan menggunakan  $\text{AgNO}_3$ , apabila masih terdapat endapan yang terkandung dalam filtrat maka residu dicuci dengan menggunakan aquadest sampai tidak terbentuk endapan. Dengan langkah yang sama, maka percobaan ini diulang satu kali lagi. Kemudian residu di tambahkan dengan larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,2 M dan di aduk selama 6 jam. Setelah itu di saring, residu di tambahkan dengan larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,2 M di aduk selama 10 menit. Proses yang terakhir adalah penyaringan, filtrat kemudian dianalisa dengan menggunakan *Atomic Adsorbtion Spectroscopy* (AAS) untuk mengetahui kadar kalium yang masih tersisa.

#### **b. Modifikasi Bentonit dengan Surfaktan**

Modifikasi bentonit dilakukan dengan tambahan surfaktan BKC (Benzal Konium Klorida). Campuran diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 48 jam dengan suhu 50, 60, dan 70°C. Setelah itu dipisahkan antara residu dan filtrat. Residu kemudian dicuci dengan menggunakan aquadest untuk menghilangkan kelebihan surfaktan yang masih ada pada bentonit. Sampel yang berbentuk padat dipanaskan dengan menggunakan oven selama 24 jam. Tahap akhir adalah di analisa dengan menggunakan FTIR dan XRD, baik

sampel yang sudah di modifikasi maupun bentonit yang belum di modifikasi.

**c. Penentuan pH Optimum Proses Adsorpsi Zn (II) pada Organobentonit.**

Prosedur penentuan pH optimum di lakukan dengan cara: ke dalam 7 buah erlenmayer 250 mL, dimasukkan masing-masing 0,5 gram *organobentonit* dan ditambahkan 25 mL larutan sampel dengan pH larutan optimum yaitu antara 4-8 dengan penambahan HCl 1M atau NaOH 1M. Kemudian diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 24 jam. Selanjutnya campuran di saring dan filtratnya dimasukkan ke dalam labu takar 50 mL, kemudian ditambahkan dengan aquadest. Setelah itu ditentukan konsentrasi ion Zn (II) setelah adsorpsi. pH optimum bentonit tanpa modifikasi ditentukan sebagai kontrol dengan prosedur yang sama.

**d. Penentuan Waktu Optimum Proses Adsorpsi Zn (II) pada Organobentonit.**

5 buah erlenmeyer 25 mL dimasukkan masing-masing 0,5 gram contoh butiran *organobentonit* dan ditambahkan 25 mL larutan ZnSO<sub>4</sub> 100 ppm dengan pH optimum yang diperoleh. Campuran diaduk menggunakan pengaduk magnet selama 15, 30, 45,

60, 75, 90, 105, 120 menit. Selanjutnya campuran disaring dan filtratnya dimasukkan ke dalam labu takar 50 mL, kemudian diimpitkan dengan akuades, kemudian ditentukan konsentrasi Zn setelah adsorpsi. Waktu optimum bentonit tanpa modifikasi ditentukan sebagai kontrol dengan prosedur yang sama.

#### e. Analisa Data

1. Karakterisasi dengan menggunakan Atomic Adsorption Spectroscopy (AAS), adalah digunakan untuk menentukan kadar ion kalium yang tersisa pada material bentonit. Tujuan dilakukan pengukuran ini adalah untuk menentukan kapasitas tukar kation pada material bentonit. Kapasitas tukar kation pada bentonit (meq/100g), dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{KTK} : \frac{100 \times (C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}}) \times V_{\text{anion}}}{\text{Berat Material}}$$

Keterangan:

$C_{\text{awal}}$  : Konsentrasi Awal (mg/L)

$C_{\text{akhir}}$  : Konsentrasi Akhir (mg/L)

$V_{\text{anion}}$  : Volume Anion (L)

2. Karakterisasi sampel menggunakan FTIR dan XRD.

Analisa menggunakan FTIR digunakan untuk mengetahui melihat gugus fungsi pada bentonit alam dan bentonit yang di modifikasi. Dimana bentonit alam terdapat gugus Si-O dan Al-O, sedangkan bentonit modifikasi di cirikan dengan adanya gugus C-H yang bersal dari surfaktan kationik.

Analisa menggunakan XRD berguna untuk menganalisa jenis fasa pada material bentonit alam maupun bentonit modifikasi, data yang dihasilkan berupa intensitas dan sudut difraksi ( $2\theta$ ).

### 3. Uji Kapasitas Adsorpsi

Uji kapasitas adsorpsi, dilakukan berdasarkan penentuan pH optimum. Tujuan dari uji kapasitas adsorpsi untuk mengetahui seberapa banyak adsorben dapat menyerap ion Zn (II) secara maksimum. Adapun perhitungan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$Q : \frac{(C_{awal} - C_{akhir}) \times V_{anion}}{m}$$

Keterangan:

Q : Kapasitas adsorpsi (mg/g)

$C_{awal}$  : Konsentrasi Awal (mg/L)

$C_{akhir}$  : Konsentrasi Akhir (mg/L)

$V_{anion}$  : Volume Anion (L)

m : Massa adsorben (g)

Adapun untuk perhitungan % Adsorpsi yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\% \text{ Adsorpsi} = \frac{(C_{awal} - C_{akhir})}{100} \times 100 \%$$

Keterangan :

$C_{awal}$  : Konsentrasi Awal (mg/L)

$C_{akhir}$  : Konsentrasi Akhir (mg/L)

Kinetika adsorpsi digunakan dalam menghitung adsorpsi berdasarkan parameter kinetik. Kinetika adsorpsi dipelajari melalui variasi waktu kontak adsorpsi dan laju adsorpsi material bentonit yang termodifikasi surfaktan Benzalkonium Klorida. Kinetika adsorpsi dihitung dengan menggunakan persamaan *pseudo first order* dan *pseudo second order* sebagai berikut:

$$\text{Log } (Q_e - Q_t) = \text{Log } Q_e - \frac{K_1}{2,303} t \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{t}{Q_t} = \frac{1}{K_2 Q_e^2} + \frac{1}{Q_e} t \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

- $Q_e$  = Kapasitas adsorpsi pada kesetimbangan (mg/g)
- $Q_t$  = Kapasitas adsorpsi pada t (mg/g)
- t = waktu adsorpsi
- $k_1$  = Konstanta laju adsorpsi kinetik pada *pseudo first order*(menit<sup>-1</sup>)
- $k_2$  = Konstanta laju adsorpsi kinetik pada *pseudo second order*(menit<sup>-1</sup>)



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil dan pembahasan tentang preparasi material bentonit untuk di ukur kapasitas tukar kation. Modifikasi bentonit menggunakan surfaktan kationik, kemudian di karakterisasi menggunakan FTIR (*Fourier Transform infrared*), XRD (*X-ray Diffraction*) kemudian di tentukan kapasitas adsorpsi dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*).

#### 1. Deskripsi Data

##### a. Preparasi Sampel

##### Kapasitas Tukar Kation

Material yang digunakan adalah bentonit alam yang di dalamnya terdapat lebih dari 85 % kandungan mineral yang berupa montmorillonite. Preparasi bentonit pada tahap awal digunakan untuk penentuan kapasitas tukar kation. Hal ini dilakukan karena bentonit memiliki kapasitas tukar kation yang tinggi pada sisi *interlayer*. Sebagai contoh, montmorillonite mengembang ketika terendam dengan menggunakan air, hal ini akibat adanya peningkatan terhadap hidrasi kation pada sisi *interlayer* (Sparks, 1986).

Kapasitas tukar kation adalah kemampuan tanah untuk menyerap dan menukar atau melepaskan kembali

kedalam larutan tanah. Langkah pertama pada tahap penentuan kapasitas tukar kation adalah menambahkan larutan pada material bentonit berupa larutan buffer Natrium Asetat pada pH 5, kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 18 jam. Larutan buffer digunakan untuk mempertahankan pH bentonit, selanjutnya dilakukan penambahan larutan KCl dengan pH 7 dengan konsentrasi 1 M di kemudian diaduk menggunakan *magnetik stirrer* selama 18 jam. Tujuannya penambahan KCl untuk menghambat pembengkakan (*Swelling*) pada tanah liat (Anderson, 2009). Hal itu juga digunakan untuk mengaktifkan sisi *interlayer* dari bentonit berupa kation kalium (K<sup>+</sup>). Tahap berikutnya, dilakukan proses penyaringan yang bertujuan untuk memisahkan antara filtrat dan residu.

Filtrat di uji dengan menggunakan larutan AgNO<sub>3</sub> tujuannya adalah untuk mengetahui apakah masih ada atau tidak ion klorin yang terkandung dalam material bentonit tersebut. Apabila masih terbentuk endapan putih, maka residu hasil dari penyaringan dibilas dengan menggunakan air sampai tidak terbentuk ion klorin dalam material tersebut atau residu tersebut harus bebas dari ion klorin (Janti,2016). Adapun reaksi kimia yang terjadi:



Setelah pencucian dengan menggunakan air, apabila di uji dengan menggunakan  $\text{AgNO}_3$  tidak terbentuk endapan, maka proses berikutnya adalah residu atau padatan ditambahkan larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 6 jam. Penambahan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  berfungsi sebagai anion penukar pada *interlayer* bentonit yang berupa kation kalium ( $\text{K}^+$ ).

Tahap akhir dari tahapan ini adalah penyaringan. Tujuan penyaringan adalah untuk memisahkan filtrat dan residu. Filtrat dari proses ini di gunakan untuk menentukan kapasitas tukar kation dari kalium yang tersisa dengan menggunakan *atomic adsorption spectroscopy* (AAS).

Penentuan kapasitas tukar kation pada lempung hanya di lakukan pada satu jenis kation yang ada pada sisi *interlayer* bentonit yaitu berupa kalium, hal ini dilakukan karena kekuatan mengikat antara mineral lempung itu lebih lemah, sehingga akan meningkatkan porositas dan menyebabkan nilai mekaniknya menurun (Bourgas, 2018).

### **Modifikasi Bentonit Menggunakan Surfaktan**

Modifikasi bentonit dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi, memperbesar jarak antar *layer* serta penyerapan limbah menjadi lebih efektif . Bentonit

memiliki sifat mengembang (*Swelling*), hal ini didasarkan pada struktur bentonit yang rapat, jika diinteraksikan dengan pelarut, maka pori dari suatu material bentonit akan mengalami pengembangan (*Swelling*). Hal ini disebabkan karena molekul air pada setiap kisi kristal bentonit akan membentuk ikatan hidrogen antara oksida logam dengan air.

Benzalkonium Klorida adalah jenis Ammonium Kuartener, yang dipilih dalam proses interkalasi dikarenakan jenis surfaktan ini adalah kationik. Apabila terjadi interkalasi maka proses pertukaran kation yang ada pada *layer-layer* bentonit dapat tergantikan menggunakan surfaktan. Proses interkalasi antar bentonit yang dimodifikasi menggunakan surfaktan juga dipengaruhi oleh suhu. Suhu yang digunakan dalam penelitian ini adalah 50 °C, 60 °C dan 70 °C.

Suhu semakin tinggi suhu maka akan meningkatkan kemampuan interkalar masuk di *interlayer* dari suatu material. Namun pada suhu 70 °C maka senyawa-senyawa akan yang ada didalam material akan mengalami dekomposisi. Tahap selanjutnya, dilakukan pengadukan dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 48 jam. Tujuan dari pengadukan, agar antara larutan dan padatan menjadi homogen. Tahap berikutnya adalah penyaringan, yang berfungsi untuk memisahkan filtrat dan residu. Residu dikeringkan didalam oven selama 24 jam dengan suhu 70.

## **b. Karakterisasi dan Analisa Data**

### **1. Penentuan Kapasitas Tukar Kation pada Bentonit**

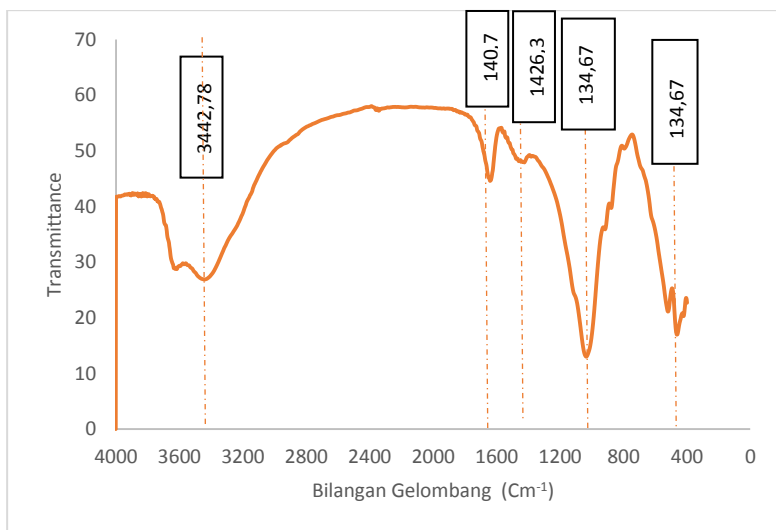
Penentuan kapasitas tukar kation ini bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak kation yang telah ditukarkan pada suatu material bentonit. Pada penelitian yang dilakukan memperoleh kapasitas tukar kation pada material bentonit sebesar 66,02 meq. Studi sebelumnya yang dilakukan oleh Bourgas (2018) menunjukkan bahwa kapasitas tukar kation sebanyak 4-12 meq, dengan pertukaran kation antara kalium dan Butyl Diammonium Diklorida. Studi yang dilakukan oleh Tohdee (2018) menunjukkan bahwa antara kalium dan Cesium Klorida (CsCl) sebesar 75,95 meq.

Hasil ini menunjukkan bahwa semakin besar kation yang ditukarkan pada *interlayer* bentonit, maka kapasitas pertukaran kationnya semakin kecil. Hasil kapasitas tukar kation ini yang nantinya akan digunakan untuk menentukan seberapa banyak surfaktan yang akan digunakan untuk menentukan modifikasi pada tahap selanjutnya.

### **2. Spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infrared*)**

Tujuan dilakukannya analisa menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared*) adalah untuk mengetahui gugus fungsi yang ada dalam material baik sebelum di modifikasi maupun sesudah di modifikasi. Berdasarkan

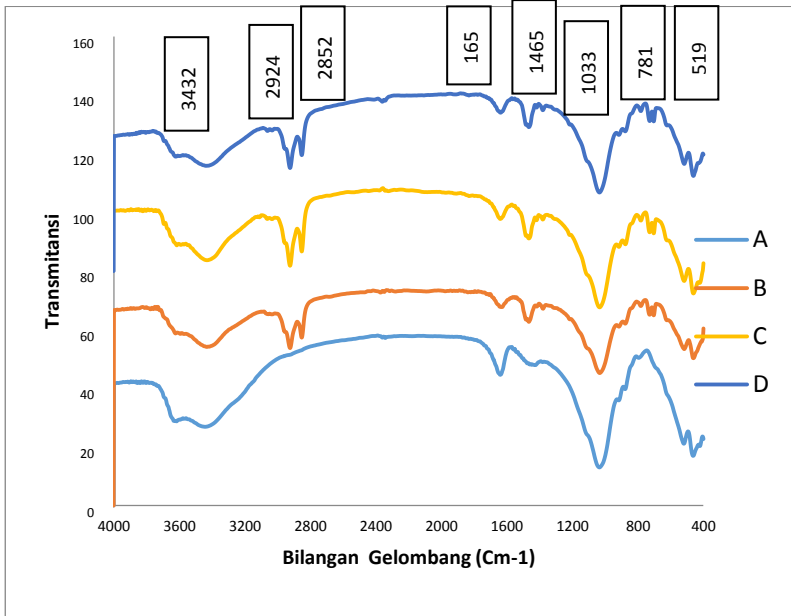
penelitian yang dilakukan oleh Monteiro (2018) menyatakan bahwa bentonit yang belum dimodifikasi dan setelah dimodifikasi ada perubahan gugus fungsi, diantaranya adalah gugus fungsi C-H, N-H. Gugus fungsi ini berasal dari surfaktan kationik. Berdasarkan penelitian ini, maka diperoleh spektra sebagai berikut :



Gambar 4.1 FTIR Bentonit Alam

Hasil karakterisasi bentonit alam pada gambar 4.1 menunjukkan adanya spektra FTIR pada sample Na-Bentonit alami. Pita serapan pada 3442 cm<sup>-1</sup> adalah adanya getaran peregangan kelompok OH struktural Na-bentonit. Serapan pita 1654 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan adanya vibrasi tekuk H-O-H dalam air (Zhirong, 2011). Daya serapnya sangat kuat pada

1034  $\text{cm}^{-1}$  disebabkan oleh vibrasi lentur Si-O (Wang, 2009). Pita pada 545 dan 460  $\text{cm}^{-1}$  masing-masing disebabkan adanya vibrasi Al-O-Si dan vibrasi lentur Si-O-Si.



Gambar 4.2 A) Bentonit alam, B) *Organobentonit* pada suhu 50°C, C) *Organobentonit* pada suhu 60°C, D) *Organobentonit* pada suhu 70°C

Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa spektrum bentonit yang belum di modifikasi dan bentonit telah dimodifikasi dengan menggunakan surfaktan pada suhu 50°C, 60°C dan 70°C. Ada perbedaan dan persamaan Perbedaan gugus fungsinya.

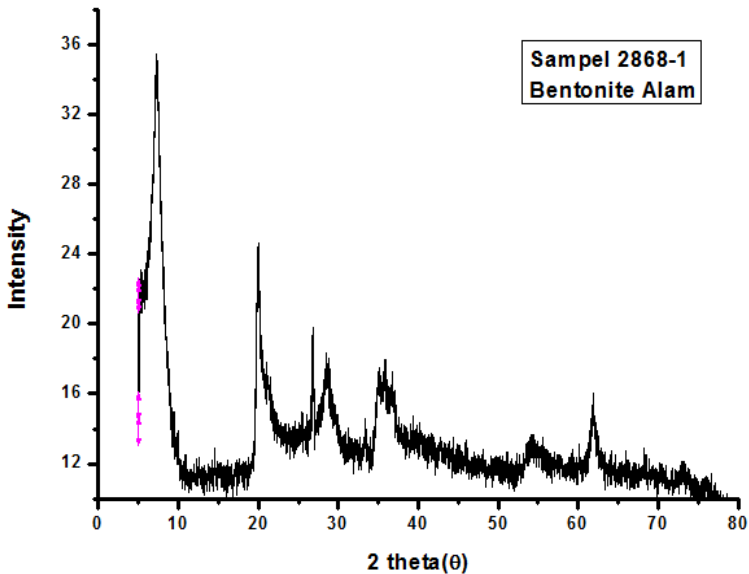
Persamaan gugus fungsinya secara umum muncul serapan pita pada  $3432\text{ cm}^{-1}$  karena ada getaran peregangan kelompok O-H yang berasal dari gugus hidroksil struktural Na-bentonit. Serapan pita pada  $2852\text{ cm}^{-1}$  dan  $2924\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus metilen ( $\text{CH}_2$ ) simetris dan asimetris yang menunjukkan adanya peningkatan surfaktan kationik dari Benzalkonium Klorida (Luo, 2015). Serapan pita di  $1033\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya peregangan Si-O-Si (Zhuang, 2016). Serapan pita di  $876\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya peregangan Al-Fe-OH dan  $781\text{ cm}^{-1}$  mengindikasikan bahwa bentonit mengandung kuarsa (Dutta,2014), serta serapan pita pada  $519\text{ cm}^{-1}$  mengindikasikan adanya peregangan Si-O yang berasal dari  $\text{SiO}_4$  yang berbentuk tetrahedral (Liao, 2016).

Perbedaan spektranya terletak pada suhu  $50^\circ\text{C}$  muncul pita serapan pita pada  $3777\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya perengan Al-O-Al (Monterio, 2018) dan pada suhu  $70^\circ\text{C}$  muncul pada pita serapan  $2360\text{ cm}^{-1}$  adanya vibrasi C-N. Serapan pita juga muncul juga pada  $1465\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya vibrasi N-H. Hal ini menunjukkan sampel mengandung garam Ammonium Kuartener (Monterio, 2018).



### 3. Difraktogram XRD (*X-ray Difraction*)

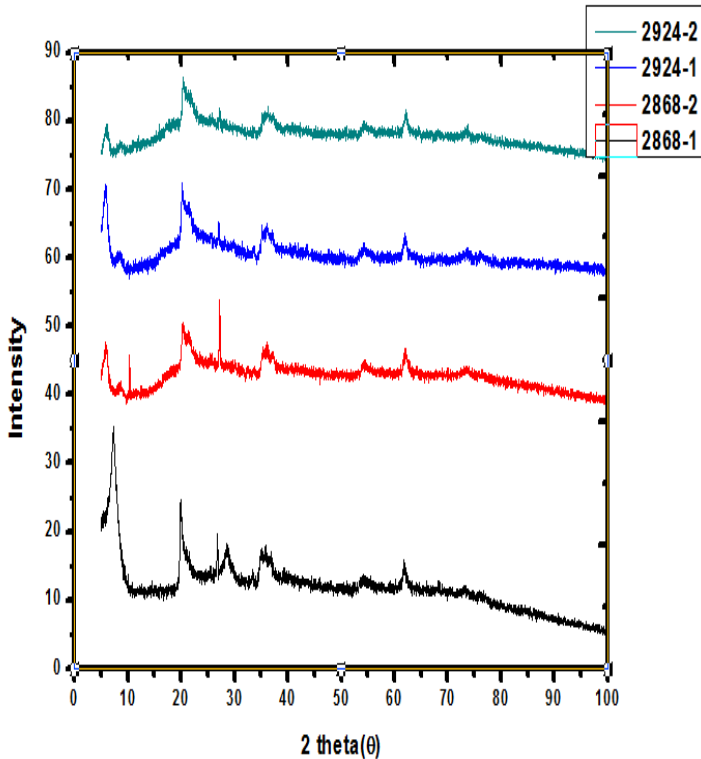
Tujuan dilakukan analisa menggunakan XRD (*X-ray Difraction*) untuk menentukan sistem kristal. Berdasarkan penelitian ini maka di peroleh bentuk difraktogram dari bentonit alam dan bentonit temodifikasi (*organobentonit*) adalah sebagai berikut:



Gambar 4.3 XRD bentonit alam

Gambar 4.3 menunjukkan pola difraksi bentonit alam. Berdasarkan gambar tersebut muncul puncak khas bentonit di  $2\theta$  yaitu  $5,06^\circ$  :  $19,28^\circ$  :  $26,37^\circ$  :  $27,48^\circ$ . Pada penelitian ini digunakan surfaktan kationik BKC (Benzalkonium Klorida)

yang digunakan untuk sintesis *organoclay*. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Oktaviani (2014) menggunakan ODTMABr dapat meningkatkan *d-spacing* yang jauh lebih besar antar *layer* material bentonit.



Gambar 4.4 XRD *Organobentonit* dengan suhu 50°C, 60°C dan 70°C

Hasil karakterisasi *Organobentonit* pada suhu 50, 60 dan 70°C menunjukkan adanya pergeseran 2θ yaitu sebesar 1-4°.

Tabel 4.1 Besar nilai *d-spacing* pada bentonit dan *organobentonit*

| Sample                     | $2\theta$ | <i>d-spacing</i> |
|----------------------------|-----------|------------------|
| Bentonit alam              | 7,03°     | 12,09            |
| <i>Organobentonit</i> 50°C | 5,08°     | 15,06            |
| <i>Organobentonit</i> 60°C | 5,26°     | 16,76            |
| <i>Organobentonit</i> 70°C | 5,35°     | 16,50            |

Berdasarkan tabel 4.1 menunjukkan adanya peningkatan nilai *d-spacing* pada *interlayer* bentonit. Suhu yang digunakan semakin tinggi akan mempengaruhi proses interkalasi, dimana penambahan surfaktan pada suhu 70° nilai *d-spacing*nya menurun. Seharusnya kenaikan temperatur dilakukan maka yang terjadi pergerakan dari molekul akan bergerak jauh lebih cepat sehingga yang terjadi adalah senyawa interkalar dapat masuk kedalam ruang antar lapisan material bentonit. Tetapi terdapat temperatur kritis dimana suatu proses integrasi dapat berlangsung. Ketika lewat dari temperatur kritis tersebut maka interaksi antara interkalan

dengan bentonit akan melemah sehingga menjadikan interlayer menurun (Phatak, 2018).

#### **4. Kapasitas adsorpsi**

##### **a. Pengaruh pH pada kapasitas adsorpsi**

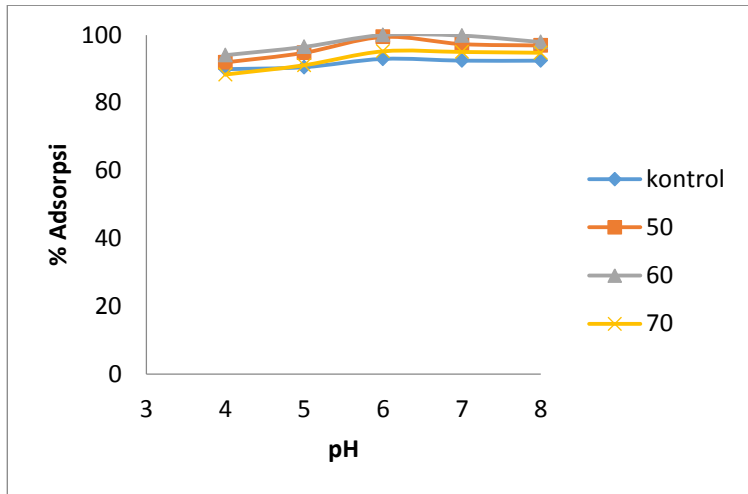
Variasi pengaruh pH pada ion logam  $Zn^{2+}$  untuk material bentonit alam dan bentonit termodifikasi surfaktan kationik Benzalkonium Klorida. Adsorpsi dilakukan dengan menggunakan larutan  $ZnSO_4$  konsentrasi 100 mg/L. pH yang digunakan mulai dari pH 4-8. Berat adsorben yang digunakan pada masing-masing variasi adalah 0,5 gram.

Kapasitas adsorpsi ion  $Zn^{2+}$  juga semakin meningkat dengan meningkatnya pH yang digunakan. Hal ini dapat dilihat dari pH 4-6 dapat mengalami peningkatan daya adsorpsi. pH 6-8 mengalami kesetimbangan adsorpsi pada bentonit alam maupun *organobentonit*.

Data kapasitas adsorpsi bentonit (kontrol) dan *organobentonit* pada berbagai suhu sintesis dan pH adsorpsi terangkum pada tabel 4.2 dan gambar 4.1

Tabel 4.2 Pengaruh pH terhadap % adsorpsi Bentonit dan *organobentonit*

| pH | Efisiensi Adsorpsi (%) |        |        |        |
|----|------------------------|--------|--------|--------|
|    | Kontrol                | 50     | 60     | 70     |
| 4  | 89,919                 | 91,905 | 94,037 | 88,327 |
| 5  | 90,508                 | 94,752 | 96,488 | 91,079 |
| 6  | 92,949                 | 99,414 | 99,997 | 95,174 |
| 7  | 92,427                 | 97,318 | 99,813 | 94,988 |
| 8  | 92,424                 | 96,902 | 97,919 | 94,752 |



Gambar 4.5 Pengaruh pH pada berbagai variasi suhu sintesis terhadap % adsorpsi bentonit dan *organobentonit*

Bentonit dan *organobentonit* akan mengalami adsorpsi maksimum pada pH asam untuk adsorpsi ion  $Zn^{2+}$ . Kondisi asam akan mempengaruhi gugus-gugus fungsional pada adsorben akan mudah terprotonasi. Sehingga akan terjadi persaingan antara ion logam  $Zn^{2+}$  dan proton dalam berinteraksi dengan adsorben. Pada pH diatas 7, adsorpsi  $Zn^{2+}$  mengalami penurunan, hal ini dimungkinkan terjadi peningkatan konsentrasi  $OH^-$  pada larutan  $Zn^{2+}$ , dimana logam  $Zn^{2+}$ , mulai mengendap sebagai  $Zn(OH)_2$  yang sukar larut dalam air. Hal ini sesuai dengan harga  $K_{sp}$   $Zn(OH)_2$  yaitu  $3.0 \times 10^{-16}$  (Yunitawati, 2011).

Pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi dapat ditunjukkan dari interaksi elektrostatis antara permukaan *organobentonit* dengan  $Zn^{2+}$  dalam larutan, yaitu permukaan *organobentonit* bermuatan negatif pada pH lebih dari 10 dan bermuatan positif pada pH kurang dari 10 (Arias, 2009). Hal ini menunjukkan pada pH lebih dari 10 akan terjadi tolakan elektrostatis di permukaan antara *organobentonit* dan  $Zn^{2+}$  yang sama-sama bermuatan negatif, sebaliknya pada pH kurang dari 10 terjadi interaksi elektrostatis antara *organobentonit* yang bermuatan positif dengan anion  $Zn^{2+}$  yang bermuatan negatif. Muatan positif permukaan meningkat dengan menurunnya pH, hal ini menyebabkan kapasitas adsorpsi  $Zn^{2+}$  oleh *organobentonit* optimum pada pH rendah.

Hal ini di karenakan pada pH rendah 3-5 akan terjadi terjadi kompetisi antara ion logam  $Zn^{2+}$  dengan  $H^+$  yang berasal dari gugus metilen ( $CH_2$ ) yang berasal dari permukaan bentonit. Seiring dengan kenaikan pH, besarnya ion logam  $Zn^{2+}$  yang diadsorpsi pun semakin tinggi hal ini dikarenakan berkurangnya ion  $H^+$  dalam larutan. Pada pH 5 permukaan adsorben dikelilingi oleh  $OH^-$  sehingga permukaan bermuatan negatif. Hal ini menyebabkan terjadi tarik menarik antara permukaan adsorben dengan ion logam  $Zn^{2+}$  yang bermuatan positif. Pada pH 6 terjadi penurunan penyerapan ion logam  $Zn^{2+}$  dikarenakan pada pori-pori bentonit kadar  $OH^-$  yang berasal dari gugus silanol ( $Si-OH$ ) sudah hampir terisi penuh sehingga dapat dianggap sudah jenuh (Nugraha,2017).

Hasil yang sama juga diperoleh dari penelitian Rahmawati (2015) penyerapan lempung tanpa terinterkalasi sebesar 96,33% dan kapasitas penyerapannya sebesar 9,63 mg/g, sedangkan untuk lempung terinterkalasi surfaktan mengalami peningkatan seiring dengan tingkat rasio berat surfaktan yang ditambahkan yaitu 1 g ke 5 g dengan presentasi penyerapan 98,98 % dan kapasitas adsorpsi 9,90 mg/g.

Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi  $Zn^{2+}$ , oleh bentonit atau *organobentonit* sejalan dengan efisiensi

adsorpsi, artinya semakin besar kapasitas adsorpsi  $Zn^{2+}$  oleh adsorben, maka persen efisiensi akan semakin besar pula, sehingga proses adsorpsi akan semakin efisien.

#### **b. Pengaruh Waktu Kontak terhadap Daya Adsorpsi dan Kinetika Adsorpsi**

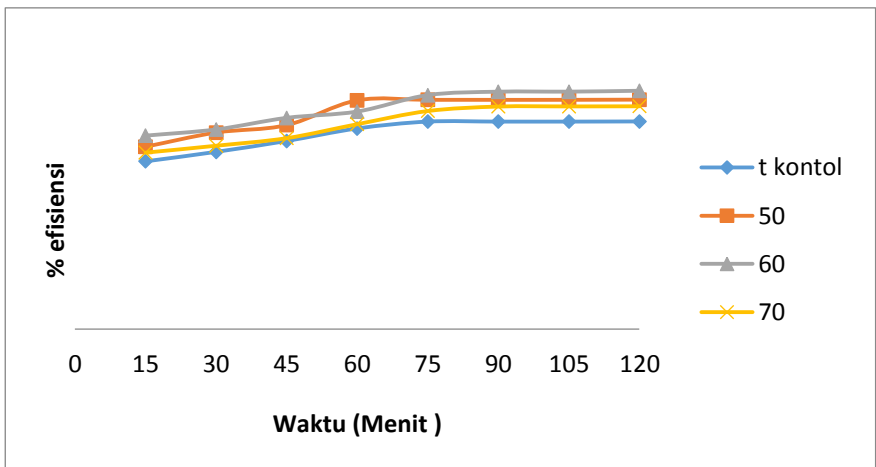
Penentuan waktu optimum adsorpsi dilakukan untuk mengetahui waktu minimum yang dibutuhkan oleh adsorben dalam mengadsorpsi ion logam  $Zn^{2+}$  secara maksimum sampai tercapai keadaan jenuh. Adsorpsi dilakukan dengan men

gunakan larutan  $ZnSO_4$  konsentrasi 100 mg/L yang diatur pada nilai pH 6 dengan variasi waktu kontak adsorben dan adsorbat selama 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 dan 120 menit. Data yang diperoleh digunakan untuk menentukan parameter kinetika, yakni konstanta laju adsorpsi dengan model kinetika *pseudo first order* dan *pseudo second order*. Data adsorpsi ion logam  $Zn^{2+}$  terhadap variasi waktu kontak tersaji pada lampiran dan grafik ditunjukkan pada grafik berikut.



Tabel 4.3 % Adsorpsi terhadap waktu kontak

| t   | % Adsorpsi |        |        |        |
|-----|------------|--------|--------|--------|
|     | kontrol    | 50     | 60     | 70     |
| 15  | 68,909     | 74,917 | 79,479 | 72,491 |
| 30  | 72,814     | 80,743 | 82,024 | 75,325 |
| 45  | 77,292     | 83,805 | 86,792 | 78,437 |
| 60  | 82,429     | 93,991 | 89,387 | 84,179 |
| 75  | 85,248     | 94,184 | 96,135 | 89,593 |
| 90  | 85,255     | 94,185 | 97,547 | 91,439 |
| 105 | 85,255     | 94,202 | 97,569 | 91,495 |
| 120 | 85,313     | 94,275 | 97,924 | 91,545 |



Gambar 4.6 Pengaruh Waktu kontak terhadap % adsorpsi ion logam Zn<sup>2+</sup>.

Penambahan waktu kontak adsorben dan adsorbat pada menit 15 sampai 45 menit mengalami kenaikan, sedangkan pada menit ke 60 sampai 120 menit menghasilkan kapasitas adsorpsi ion logam  $Zn^{2+}$  mencapai kesetimbangan. Hal ini ditunjukkan dari jumlah ion logam  $Zn^{2+}$  teradsorpsi yang relatif konstan yakni sebesar 97,92 mg/L. Adsorpsi ion logam  $Zn^{2+}$  menggunakan material bentonit yang termodifikasi surfaktan kationik Benzalkonium Klorida menunjukkan bahwa terjadi kenaikan jumlah ion logam  $Zn^{2+}$  teradsorpsi dari material.

Ketika mencapai kesetimbangan adsorpsi menggunakan material bentonite termodifikasi pada suhu 50 °C menunjukkan jumlah ion logam  $Zn^{2+}$  teradsorpsi sebesar 94,27 mg/L dan untuk material bentonit termodifikasi pada suhu 60 °C menunjukkan jumlah ion logam  $Zn^{2+}$  teradsorpsi sebesar 97,92 mg/L, serta pada suhu 70 °C menunjukkan jumlah ion  $Zn^{2+}$  teradsorpsi sebesar 91, 54 mg/L. Gambar menunjukkan bahwa modifikasi bentonit termodifikasi pada suhu 60 °C menghasilkan jumlah ion logam  $Zn^{2+}$  yang teradsorpsi semakin banyak.

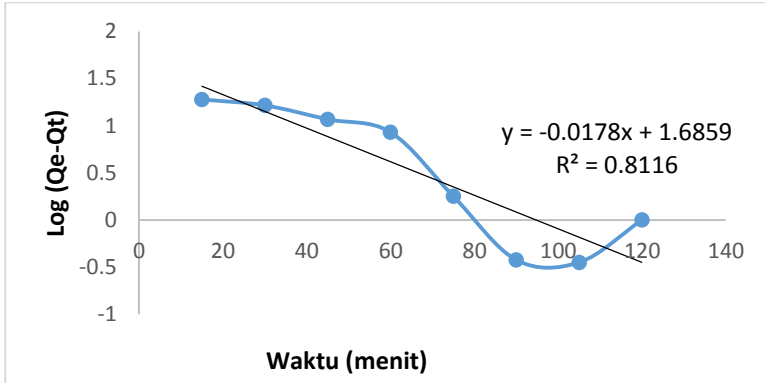
Data hasil pengamatan variasi waktu kontak adsorben dengan adsorbat kemudian digunakan untuk menentukan konstanta laju adsorpsi menggunakan persamaan *pseudo first order* dan *pseudo second order* seperti yang ditunjukkan pada

persamaan (1) dan (2). Persamaan kinetika *pseudo first order* menjelaskan bahwa suatu reaksi kimia berlangsung secara orde dua namun di perlakukan layaknya orde satu dengan membuat salah satu komponen pereaksi berlebih atau tetap, dalam penelitian ini yang di gunakan adalah massa adsorbat pada ion logam  $Zn^{2+}$  sedangkan reaksi *pseudo second order* berjalan layaknya orde dua. garis lurus yang diperoleh dari persamaan *pseudo first order* dapat ditentukan nilai konstanta laju adsorpsi dari nilai slope, nilai konstanta laju reaksi dapat menggambarkan kecepatan proses adsorpsi ion logam  $Zn^{2+}$  terjadi. Hal ini dikarenakan konstanta laju adsorpsi berbanding lurus terhadap laju reaksi adsorpsi (Fadhil, 2018).

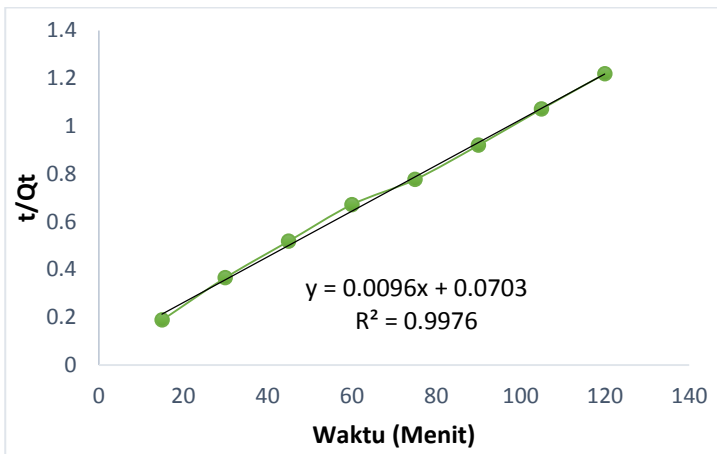
Secara teoritis kapasitas adsorpsi bentonit dan bentonit termodifikasi surfaktan ketika mencapai kesetimbangan dapat diperoleh dari anti logaritma nilai intersep. Persamaan garis lurus yang diperoleh dari persamaan *pseudo second order* dapat ditentukan nilai kapasitas adsorpsi dari nilai slope dan konstanta laju adsorpsi dari nilai intersep. Penentuan orde reaksi yang dinilai sesuai. untuk menjelaskan kinetika proses adsorpsi yang terjadi dapat ditentukan berdasarkan nilai koefisien koorelasi dari grafik yang diperoleh. Data perhitungan besaran parameter kinetika tersaji pada lampiran 12.

Tabel 4.4 Konstanta model kinetik dalam adsorpsi ion logam  $Zn^{2+}$  terhadap pengaruh waktu adsorpsi

| Model Kinetika      | Parameter                            | Bentonit Alam | <i>Organobentonit</i> |            |            |
|---------------------|--------------------------------------|---------------|-----------------------|------------|------------|
|                     |                                      |               | Suhu 50 °C            | Suhu 60 °C | Suhu 70 °C |
| Pseudo First Order  | Qe eksperiment (mg/g <sup>-1</sup> ) | 85,313        | 94,275                | 97,924     | 91,545     |
|                     | Qe Perhitungan (mg/g)                | 102,32        | 74,43                 | 47,86      | 159,58     |
|                     | K <sub>1</sub> (g/mg min)            | 0,077         | 0,075                 | 0,04       | 0,07       |
|                     | R <sup>2</sup>                       | 0,869         | 0,865                 | 0,811      | 0,861      |
| Pseudo Second Order | Qe eksperiment (mg/g)                | 85,313        | 94,275                | 97,924     | 91,545     |
|                     | Qe Perhitungan (mg/g)                | 9,009         | 104,04                | 104,17     | 98,039     |
|                     | K <sub>2</sub> (g/mg min)            | 0,191         | 0,001                 | 0,001      | 0,001      |
|                     | R <sup>2</sup>                       | 0,998         | 0,998                 | 0,997      | 0,997      |



Gambar 4.7 Kinetika reaksi *Pseudo First order* pada organobentonit suhu 60 °C



Gambar 4.8 Kinetika reaksi *Pseudo Second order* pada organobentonit suhu 60 °C

Dari data yang diperoleh pada Tabel 4.4 menunjukkan nilai koefisien korelasi ( $R^2$ ) dari kedua persamaan kinetika yakni persamaan *pseudo first order* dan persamaan *pseudo second order*. Persamaan kinetika adsorpsi *pseudo second order* lebih sesuai digunakan dalam menjelaskan fenomena laju adsorpsi ion logam  $Zn^{2+}$  menggunakan material bentonit alam maupun bentonit termodifikasi. Hal ini dikarenakan nilai koefisien korelasi persamaan garis lurus persamaan *pseudo second order* lebih mendekati nilai 1. Laju reaksi dari adsorpsi ion logam  $Zn^{2+}$  menggunakan material bentonit alam dan bentonit termodifikasi dapat diamati melalui nilai konstanta laju reaksi adsorpsi ( $k_2$ ).

Berdasarkan data hasil pengamatan, maka adsorpsi ion logam  $Zn^{2+}$  menggunakan bentonit yang termodifikasi memiliki laju adsorpsi lebih besar dari pada material bentonit yang tidak dimodifikasi. Hal ini disebabkan oleh material bentonit yang termodifikasi memiliki jarak antar lapisan yang lebih besar jika dibandingkan dengan material bentonit alam.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

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

1. Interkalasi sangat dipengaruhi oleh suhu, semakin tinggi suhu maka akan mempercepat pergerakan molekul untuk masuk kedalam *interlayer* bentonit. Suhu maksimum yang diperoleh pada saat interkalasi adalah 60°C. Hal ini dibuktikan dari nilai *d-spacing* 16,76 dan daya adsorpsi yang tinggi yaitu 99,65 %.
2. pH dan waktu kontak sangat berpengaruh terhadap kapasitas adsorbs. pH yang paling baik untuk adsorpsi adalah pH asam sampai netral dan pH maksimum yang tepat untuk adsorpsi ion  $Zn^{2+}$  berada berada pH 6-7. Pada pH basa akan mengalami penurunan kapasitas adsorbsi. Sedangkan untuk waktu kontak adsorpsi antara adsorbat dan ion logam  $Zn^{2+}$  yang terbaik berada antara 60-120 menit. Dengan kapasitas adsorpsi sebesar 97,92%.
3. Interkalasi surfaktan Benzalkonium Klorida ke dalam bentonit dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi dari yang semula 4,95 mg/g menjadi 4,98 mg/g. Dan berdasarkan kinetika adsorpsi mengikuti pseudo second order dimana dengan nilai  $R^2$  mendekati 1.

## **B. Saran**

Penelitian selanjutnya perlu disarankan untuk mendapatkan nilai KTK *organobentonit* sekecil mungkin, sehingga semua kation dapat tukar pada bentonit dapat ditempati oleh kation Benzalkonium Klorida dan kapasitas adsorpsi diharapkan dapat lebih besar. Hal lain yang perlu dilakukan adalah pada saat interkalasi harusnya di dorong dengan menggunakan gas  $N_2$ . Disarankan juga untuk melakukan karakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan BET. SEM digunakan untuk menunjukkan mikrostruktur pada permukaan adsorben yang telah berhasil dimodifikasi oleh Benzalkonium Klorida sedangkan BET digunakan untuk mengetahui luas permukaan dari suatu material yang sudah disintesis.



## Daftar Pustaka

- Al-Jabri, M. 2008. Kajian Metode Penetapan Kapasitas Tukar Kation Zeolit sebagai Pemebenah tanah untuk Lahan Pertanian Terdegradasi. *Jurnal Standarisasi*. 10: 2: 56-59
- Alemdar, A., Oztekin, N., Erim, F.B., Gungor. 2005. Effect of Polyethyleneimine Adsorption on Rheology of Bentonite Suspensions. *Indian Academy of Science*. Maslak, Istanbul, Turkey Bull. Mater. Sci. Vol 28 (3) :287-291.
- Alpes, A., Rossa, P., Morales, A. 2017. Evaluation of Organic Modification of Montmorillonite with ionic and non ionic surfactants. *Applied clay science* 150. 23-33.
- Anderson, R.I. Ratcliffe, I. Greenwell, H.C. dkk. 2010. Clay Swelling-A Challenge in the oilfield. *Earth-Science Reviews*. 98 201-216.
- Aragno, M. & J. Michel . 2005. The Living Soil. *Science Publishers*. Inc, New Jersey.
- Araujo, A., Bertagnolli, C., Silva, M. 2013. Zinc adsorption in bentonite clay influence of pH and initial concentration. *Acta Scientiarum Technology* 35(2) : 325-332.
- Arias, F., Sen, K.T. 2009. Removal Of Zinc Metal Ion (Zn<sup>2+</sup>) From Its Aqueous Solution By Kaolin Clay Mineral: A Kinetic And Equilibrium Study. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects* 348 (2009) 100-108
- Atkins. 1997. *Kimia Fisika*. Jakarta: Erlangga.
- Beiser, Arthur. 1992. *Konsep Fisika Modern Edisi Keempat*. Penerjemah: Dr. Houw Liong. Jakarta : Erlangga.
- Bradey, J.E. 1999. *Kimia Universitas Asas dan Struktur Edisi Lima*. Jilid Satu. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Darmono. 2010. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta: UI Press.

- Diaz- Nava, M.c. 2012. *Adsorption of Phenol Onto Surfactants Modified Bentonite*. J Incl Phenom Macrocycl Chem 74: 67-75.
- Dutta, A., Singh, N. 2015. Surfactant-Modified Bentonite Clays: Preparation, Characterization , And Atrazine Removal. *Environ Sci Pollut Res*. 22 3876-3885.
- Fadhi, M.R. 2018. Sinesis Material Hidroksi Lapis Ganda Zn-Fe Terinterkalasi Senyawa Polioksometalat Tipe Keggin Serta Aplikasinya Sebagai Adsorben *Malachite Green*. Skripsi. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Hindrayati, N & Alimuddin. 2010. Sintesis dan Karakterisasi Silika Gel dari Abu Sekam Padi dengan Menggunakan Natrium Hidroksida (NaOH). *Jurnal Kimia Mulawarman*. Vol . 7, No 2. Hlm. 75-77.
- Imanudin. 2012. *Zinc in Drinking Water, Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking Water Quality*. Inc. New York.
- Janti, W. 2016. Adsorpsi dan Desorpsi Ion Kromium (IV) pada Bentonit yang Dimodifikasi Heksadesiltrimetilamonium Bromida. *Skripsi*. Bogor: IPB.
- Kopkar, SM. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta : UI Press.
- Luo, W., Ssaki *Colloids And Surface A : Physochem*, K., Hirajina, T. 2015. Surfactant- Modified Monmorillonite By Benzyl Octadecyldimethyl Ammonium Chloride For Removal of Percholarate.. *Eng. Aspects* 481 616-625.
- Mayers. 1999. *Surface, Interfaced and Colloid : Principle And Application*, Second Edition. Jhon Willey & Sons, Inc. New York.
- Monteiro, S.K., Oliveira, V., Santos, F.K. 2018. Influence Of The Ionic And Nonionic Surfactants Mixture In The

Structure And Properties Of The Modified Bentonite Clay. *Journal of Molecular Liquids*. S0167-7322(18)30636-6.

- Munandar, A., D.Krisdiyanto, Khamidinal, & P, Artsanti. 2014. Adsorpsi Logam Pb dan Fe dengan Zeolit Alam Teraktivasi Asam Sulfat. *Prosiding 6th Pemantapan Riset kimia dan Asesmen dalam pembelajaran Berdasarkan Pendekatan Saintifik*. Surakarta: Universitas Negeri Surakarta.
- Oktaviani, Evi. 2011. Sintesis dan Karakteristik Organoclay Terinterkalasi Surfaktan Kationik ODTMABr dan Aplikasinya sebagai Adsorben Fenol. *Skripsi*. Depok : Universitas Indonesia.
- Oyaro, N., Juddy, O., Murago, E.N.M., Gitonga, E. 2007. The Contents of Pb, Cu, Zn, And Cd In Nairobi, Kenya. *Int. J. Food Agric. Environ* 5, 119-121.
- Pandey, Sadanan. 2017. A Comprehensive Review On Recent Developments In Bentonite Based Materials Used As Adsorbents For Wastewater Treatment. *Journal Of Molecular Liquid*.
- Priyanto, Agus. 2015. Sentra Promosi dan Informasi Kerajinan Kuningan Juwana. *Skripsi*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Pujiati, C.2008. Kajian Penurunan Ca dan Mg dalam Air Laut Menggunakan Resin. *Jurnal Teknik Kimia*, Vol. 3, No 1.
- Rahmawati, Sumarni, K., Ridhay, A. 2016. Interkalasi Lempung dengan Surfaktan Garam Ammonium Kuartener dan Aplikasinya pada Penyerapan Logam Hg. *Online Jurnal Of Natural Science*, Vol 4 (1) : 84-88.
- Sastrohamidjojo, Hardjono. 2000. *Spektroskopi*. Yogyakarta: UGM Press.

- Sibilia, P. 1996. *Guide to Material Characterization and Chemical Analysis*, 2<sup>nd</sup> Editio, John Wiley-VCH, New York.
- Skoog, D.A., West, D.M. 1980. *Principle of Instrumental Analysis*, Second Edition, Saunders College, Philadelphia.
- Syuhada, Rachmat, W., Saeful, R. 2009. Modifikasi Bentonit (Clay) Menjadi Organoclay dengan penambahan Surfaktan. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*. Bandung, Vol 2, No 1.
- Tarigan. 2003. Heavy Metal Biosorption From aqueous solution by Algae Inhibiting Rice Paddies in Vietnam, *J. Environ. Chem, Eng* 4(2) 2529-2535.
- Thermo.2001. *Introduction to FTIR Spectroscopy*. Thermo Nicolet Inc., Madison, USA.
- Tohdee, k., Kaesichan, L., Asadullah. 2018. Enhancement of Adsorption Efficiency of Heavy Metal Cu(II) and Zn (II) Onto Cationic Surfactant Modified Bentonite. *Journal Environmental Chemical Engineering*.
- USEPA, United States Environmental Protection Agency.2009. National Primary Drinking Water Regulation. [Http://www.epa.gov/consumer/pdf/mel](http://www.epa.gov/consumer/pdf/mel).
- Wang, H., Zhang, Y., Zhao, V. 2009 Adsorption of mixed cationic/nonionic surfactant and its effect on bentonite structure. *Journal of Environmental Sciences*. 24(8), 1525-1532.
- Yousef. 2012. *Methodes of removing heavy metal from Industrial wastewater*, JMESS. 1(1)1309-2912.
- Yulianti.2016. *Interkalasi Benzalkonium Klorida Kedalam Bentonit Teraktivasi Asam Sulfat sebagai Adsorben Anion Cr(IV)*. Skripsi. Semarang.UNNES.
- Yunitawati., Nurmasari,R., Mujiyanti,R.D., 2011. Kajian Ph Dan Waktu Kontak Optimum Adsorpsi Cd(Ii) Dan Zn(Ii) Pada

Humin. *Jurnal Ilmiah Berkala Sains dan Terapan Kimia*.  
Vol 5, No 2.

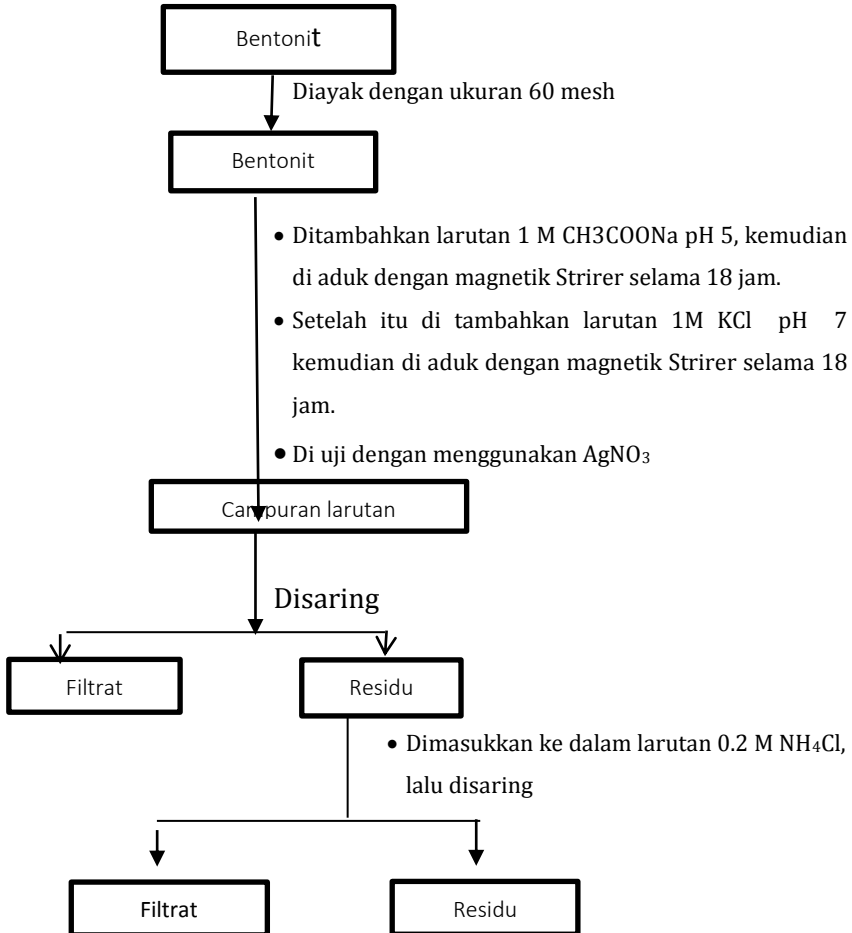
Zhirong. 2011. Surface configuration of sorbed hexadecyltrimethylammonium on kaolinite as indicated by surfactant and counterion sorption, cation desorption, and FTIR, *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*. 264 61-67

Zhuang, G., Zhan, Z. Liao, S. 2016. The Structure And Rheology Of Organo-Montmorillonite In Oil-Based System Aged Under Different Temperatures. *Applied Clay Science* 124–125 (2016) 21–30

## Lampiran 1

### Skema Kerja

#### 1. Langkah Kerja Kapasitas Tukar Kation

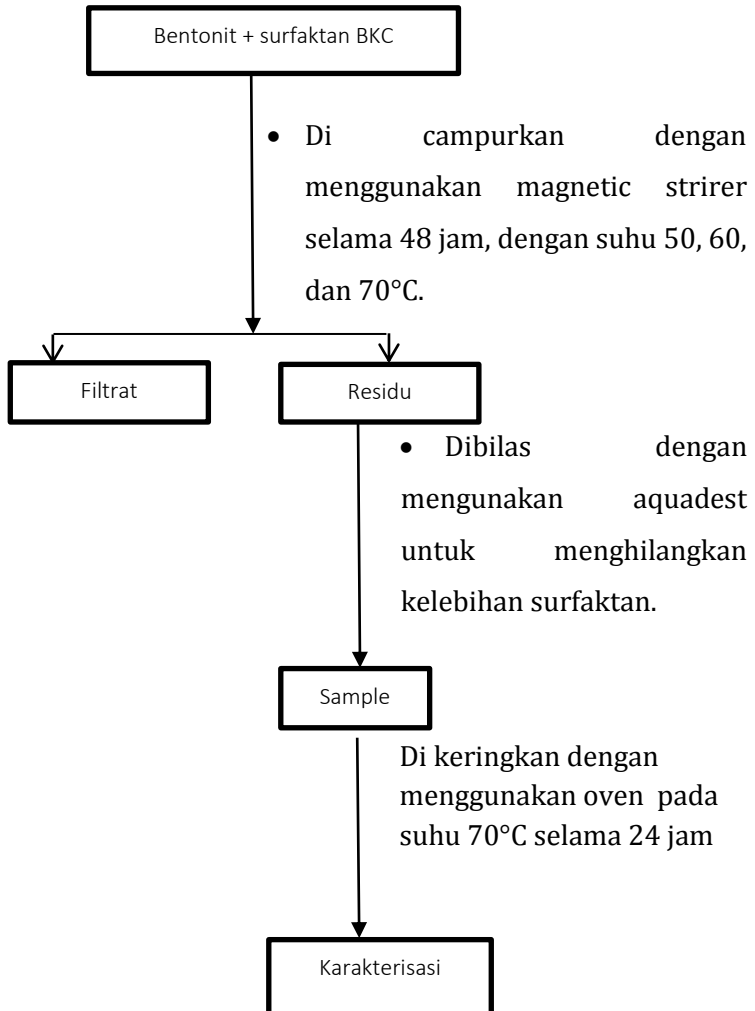


Di tambahkan lagi ke dalam larutan 0.2 M  $\text{NH}_4\text{Cl}$  selama 10 menit. Kemudian di saring.

Filtrat

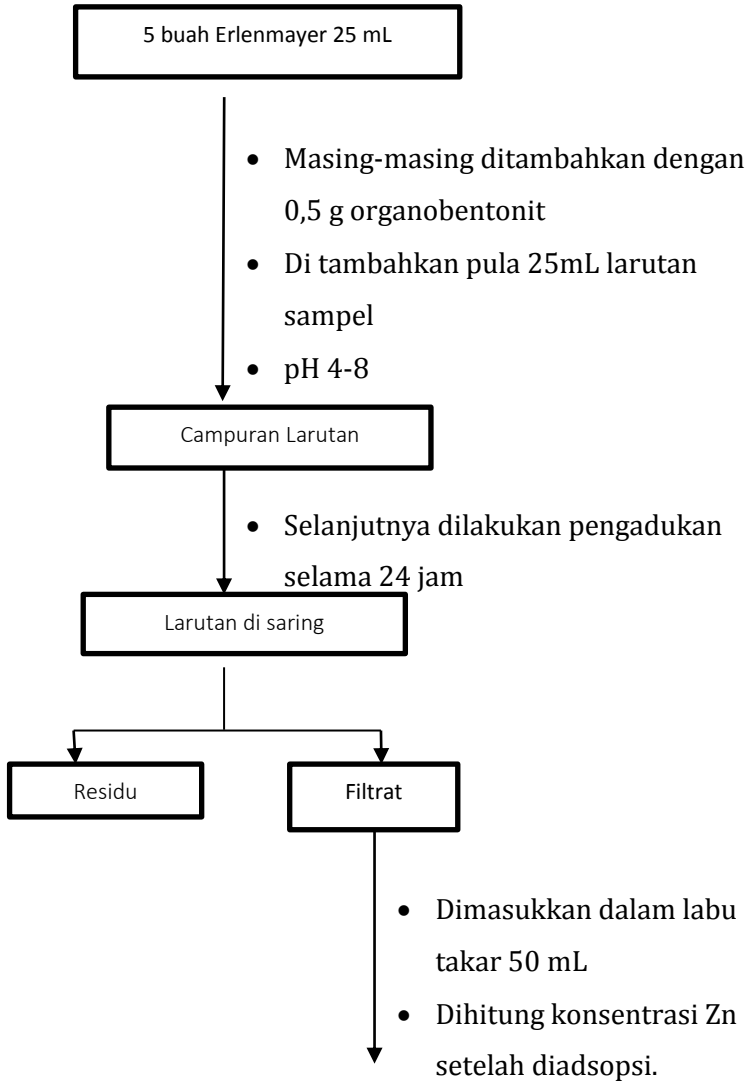
Analisa menggunakan AAS

## 2. Modifikasi Bentonit dengan Surfaktan

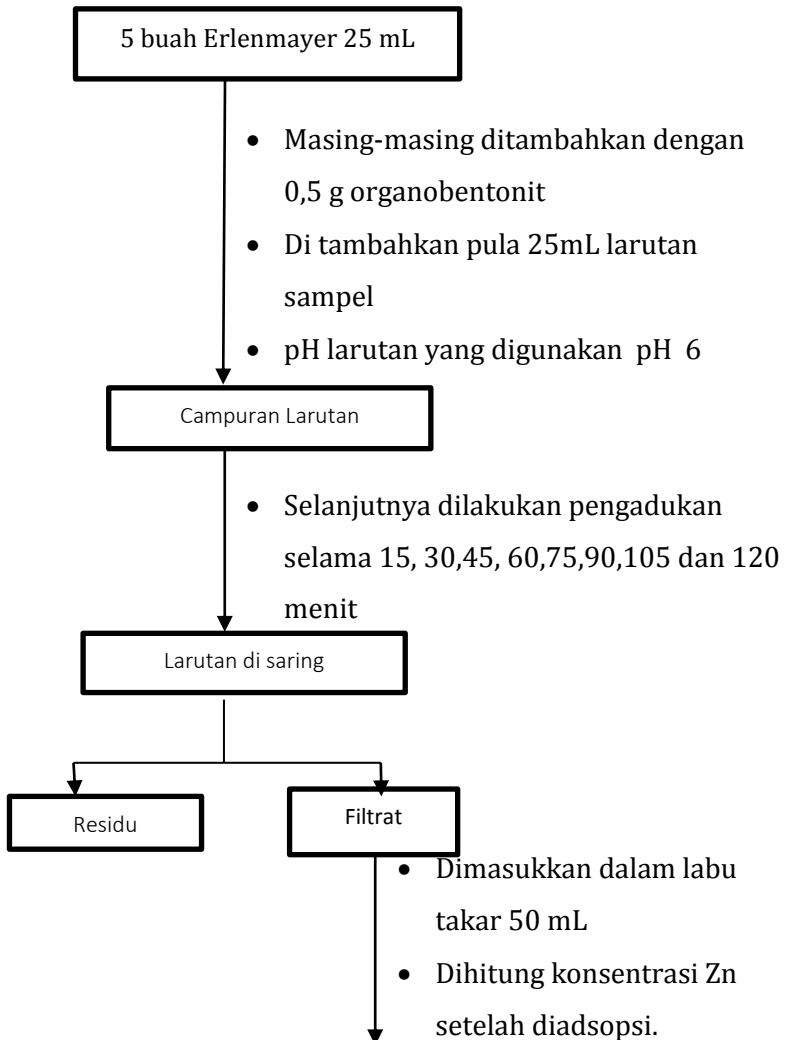




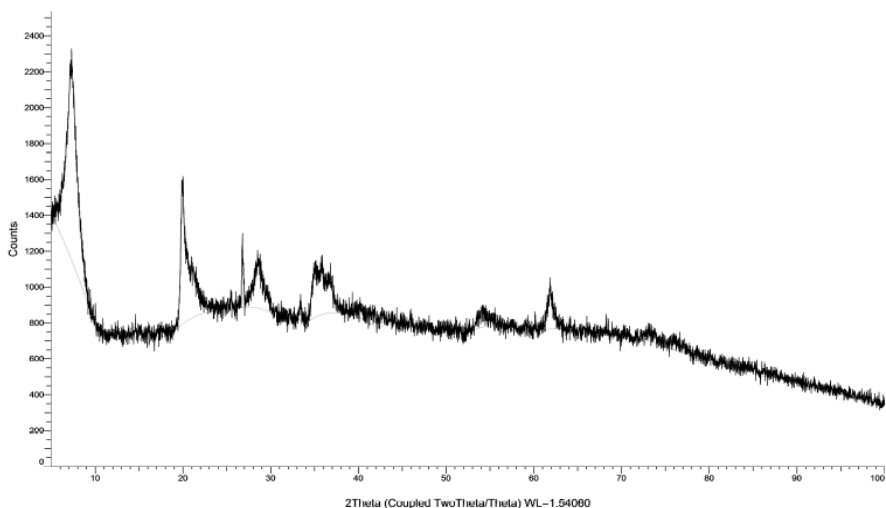
### 3. Penentuan pH Optimum Proses Adsorpsi Zn pada Organobentonit



#### 4. Penentuan Waktu Kontak Optimum pada Proses Adsorpsi Zn pada Organobentonit



## Lampiran 2 Difraktogram XRD Bentonit alam

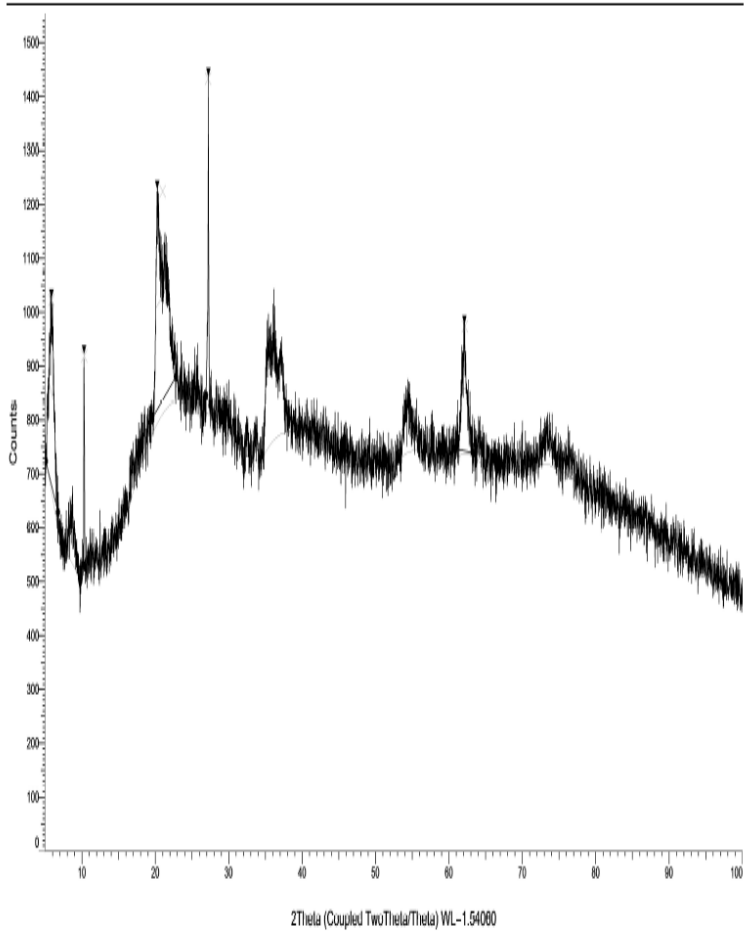


### Peak List #1

| Visible | Icon | Color | Index | Name     | Parent       | Caption (display) | Scan                         | Angle    |
|---------|------|-------|-------|----------|--------------|-------------------|------------------------------|----------|
| Yes     | █    | ■     | 1     | Peak #1  | Peak List #1 | 7.303 °           | 2868-1 Bentonite Alam.raw #1 | 7.303 °  |
| Yes     | █    | ■     | 2     | Peak #2  | Peak List #1 | 7.472 °           | 2868-1 Bentonite Alam.raw #1 | 7.472 °  |
| Yes     | █    | ■     | 3     | Peak #3  | Peak List #1 | 16.099 °          | 2868-1 Bentonite Alam.raw #1 | 16.099 ° |
| Yes     | █    | ■     | 4     | Peak #4  | Peak List #1 | 19.966 °          | 2868-1 Bentonite Alam.raw #1 | 19.966 ° |
| Yes     | █    | ■     | 5     | Peak #5  | Peak List #1 | 25.477 °          | 2868-1 Bentonite Alam.raw #1 | 25.477 ° |
| Yes     | █    | ■     | 6     | Peak #6  | Peak List #1 | 26.778 °          | 2868-1 Bentonite Alam.raw #1 | 26.778 ° |
| Yes     | █    | ■     | 7     | Peak #7  | Peak List #1 | 33.346 °          | 2868-1 Bentonite Alam.raw #1 | 33.346 ° |
| Yes     | █    | ■     | 8     | Peak #8  | Peak List #1 | 35.100 °          | 2868-1 Bentonite Alam.raw #1 | 35.100 ° |
| Yes     | █    | ■     | 9     | Peak #9  | Peak List #1 | 35.816 °          | 2868-1 Bentonite Alam.raw #1 | 35.816 ° |
| Yes     | █    | ■     | 10    | Peak #10 | Peak List #1 | 61.863 °          | 2868-1 Bentonite Alam.raw #1 | 61.863 ° |

| d Value    | Net Intensity | Gross Intensity | Rel. Intensity | h,k,l | Match |
|------------|---------------|-----------------|----------------|-------|-------|
| 12.09579 Å | 1170          | 2321            | 100.0 %        | n.a.  | No    |
| 11.82242 Å | 1012          | 2142            | 86.5 %         | n.a.  | No    |
| 5.50113 Å  | 96.1          | 788             | 8.2 %          | n.a.  | No    |
| 4.44338 Å  | 803           | 1597            | 68.6 %         | n.a.  | No    |
| 3.49340 Å  | 87.5          | 962             | 7.5 %          | n.a.  | No    |
| 3.32653 Å  | 357           | 1245            | 30.6 %         | n.a.  | No    |
| 2.68484 Å  | 99.1          | 914             | 8.5 %          | n.a.  | No    |
| 2.55454 Å  | 301           | 1134            | 25.7 %         | n.a.  | No    |
| 2.50512 Å  | 320           | 1165            | 27.3 %         | n.a.  | No    |
| 1.49859 Å  | 262           | 1029            | 22.4 %         | n.a.  | No    |

Lampiran 3. Difraktogram XRD Organobentonit pada suhu 50 °C



## Area List #1

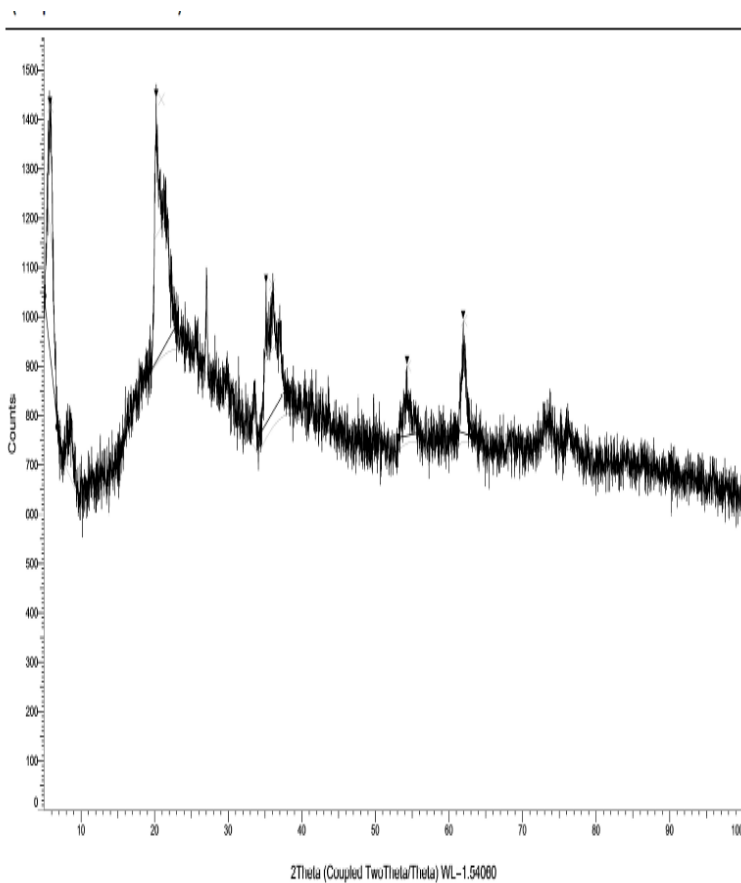
| Visible | Icon | Color | Index | Name                  | Parent       | Scan                   | Left Angle |
|---------|------|-------|-------|-----------------------|--------------|------------------------|------------|
| Yes     |      | ■     | 2     | [10.202 ° - 10.466 °] | Area List #1 | 2868-2 Sampel 1.raw #1 | 10.202 °   |
| Yes     |      | ■     | 3     | [19.587 ° - 22.817 °] | Area List #1 | 2868-2 Sampel 1.raw #1 | 19.587 °   |
| Yes     |      | ■     | 4     | [26.920 ° - 27.529 °] | Area List #1 | 2868-2 Sampel 1.raw #1 | 26.920 °   |
| Yes     |      | ■     | 1     | [5.083 ° - 6.749 °]   | Area List #1 | 2868-2 Sampel 1.raw #1 | 5.083 °    |
| Yes     |      | ■     | 5     | [60.884 ° - 63.626 °] | Area List #1 | 2868-2 Sampel 1.raw #1 | 60.884 °   |

| Right Angle | Left Int. | Right Int. | d (Obs. Max) | Gross Int. | Net Height | FWHM  |
|-------------|-----------|------------|--------------|------------|------------|-------|
| 10.466 °    | 8.10      | 8.02       | 8.58911 Å    | 14.0       | 5.93       | 0.109 |
| 22.817 °    | 12.2      | 13.4       | 4.37705 Å    | 18.7       | 6.17       | 1.220 |
| 27.529 °    | 12.9      | 12.6       | 3.27254 Å    | 21.8       | 9.10       | 0.101 |
| 6.749 °     | 11.0      | 9.58       | 15.06789 Å   | 15.6       | 5.23       | 0.700 |
| 63.626 °    | 11.4      | 11.2       | 1.49327 Å    | 14.8       | 3.52       | 0.653 |

| Chord Mid. | d (Chord Mid.) | I. Breadth | Gravity C. | d (Gravity C.) | Raw Area |
|------------|----------------|------------|------------|----------------|----------|
| 10.307 °   | 8.57567 Å      | 0.102      | 10.309 °   | 8.57387 Å      | 2.734    |
| 20.685 °   | 4.29054 Å      | 1.370      | 21.005 °   | 4.22587 Å      | 49.88    |
| 27.237 °   | 3.27157 Å      | 0.136      | 27.202 °   | 3.27567 Å      | 9.006    |
| 5.859 °    | 15.07329 Å     | 0.759      | 5.851 °    | 15.09374 Å     | 21.13    |
| 62.123 °   | 1.49296 Å      | 0.797      | 62.164 °   | 1.49207 Å      | 33.83    |

| Net Area | C. Size | K     | Instr. Width | Use I. Breadth |
|----------|---------|-------|--------------|----------------|
| 0.6061   | 813.7 Å | 1.000 | 0.000        | No             |
| 8.453    | 73.5 Å  | 1.000 | 0.000        | No             |
| 1.240    | 903.5 Å | 1.000 | 0.000        | No             |
| 3.966    | 126.2 Å | 1.000 | 0.000        | No             |
| 2.802    | 157.7 Å | 1.000 | 0.000        | No             |

# Lampiran 4 Difraktogram XRD Organobentonit pada suhu 60 °C



## Area List #1

| Visible | Icon | Color | Index | Name                  | Parent       | Scan                   | Left Angle | Right Angle |
|---------|------|-------|-------|-----------------------|--------------|------------------------|------------|-------------|
| Yes     |      | ■     | 2     | [19.079 ° - 22.959 °] | Area List #1 | 2924-1 Sampel 2.raw #1 | 19.079 °   | 22.959 °    |
| Yes     |      | ■     | 3     | [34.314 ° - 37.991 °] | Area List #1 | 2924-1 Sampel 2.raw #1 | 34.314 °   | 37.991 °    |
| Yes     |      | ■     | 1     | [5.002 ° - 6.810 °]   | Area List #1 | 2924-1 Sampel 2.raw #1 | 5.002 °    | 6.810 °     |
| Yes     |      | ■     | 4     | [53.144 ° - 55.947 °] | Area List #1 | 2924-1 Sampel 2.raw #1 | 53.144 °   | 55.947 °    |
| Yes     |      | ■     | 5     | [61.209 ° - 63.159 °] | Area List #1 | 2924-1 Sampel 2.raw #1 | 61.209 °   | 63.159 °    |

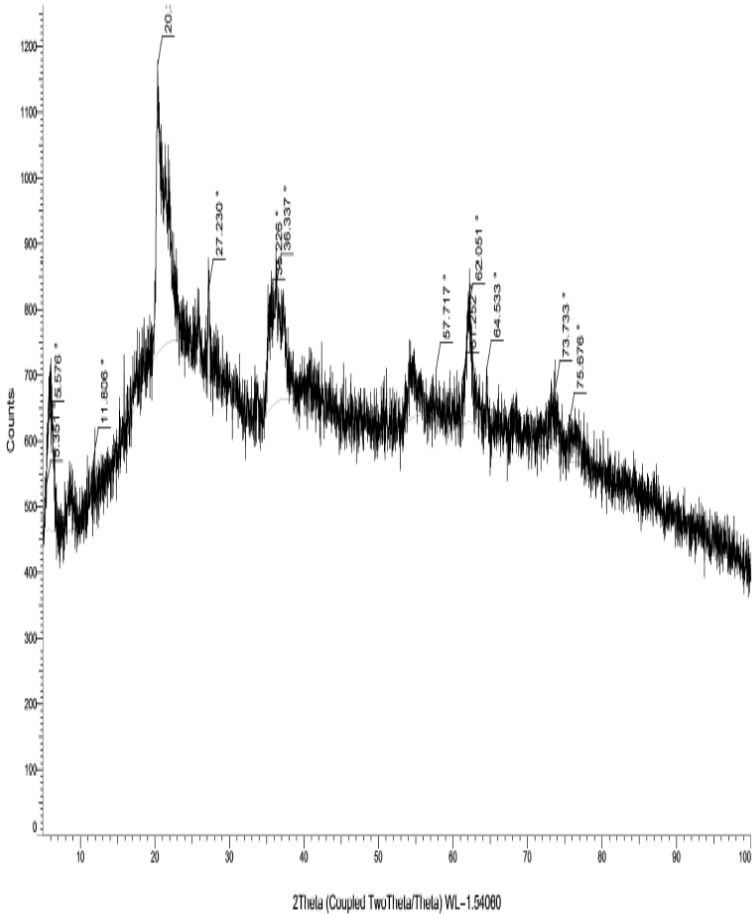
| Left Int. | Right Int. | d (Obs. Max) | Gross Int. | Net Height | FWHM  | Chord Mid. |
|-----------|------------|--------------|------------|------------|-------|------------|
| 13.4      | 15.0       | 4.38791 Å    | 22.0       | 8.10       | 1.357 | 20.661 °   |
| 11.6      | 13.1       | 2.55159 Å    | 16.2       | 4.30       | 1.483 | 35.673 °   |
| 15.9      | 11.8       | 15.30502 Å   | 21.7       | 7.56       | 0.755 | 5.810 °    |
| 11.5      | 11.7       | 1.68744 Å    | 13.7       | 2.15       | 0.564 | 54.312 °   |
| 11.7      | 11.5       | 1.49708 Å    | 15.1       | 3.47       | 0.575 | 62.033 °   |

| d (Chord Mid.) | I. Breadth | Gravity C. | d (Gravity C.) | Raw Area | Net Area | C. Size |
|----------------|------------|------------|----------------|----------|----------|---------|
| 4.29544 Å      | 1.398      | 20.930 °   | 4.24099 Å      | 66.38    | 11.31    | 66.1 Å  |
| 2.51481 Å      | 1.513      | 35.989 °   | 2.49344 Å      | 51.86    | 6.500    | 62.4 Å  |
| 15.19852 Å     | 0.809      | 5.840 °    | 15.12068 Å     | 31.21    | 6.112    | 117.1 Å |
| 1.68772 Å      | 0.841      | 54.430 °   | 1.68434 Å      | 34.28    | 1.809    | 175.9 Å |
| 1.49490 Å      | 0.671      | 62.080 °   | 1.49389 Å      | 25.01    | 2.327    | 179.1 Å |

| K     | Instr. Width | Use I. Breadth |
|-------|--------------|----------------|
| 1.000 | 0.000        | No             |
| 1.000 | 0.000        | No             |
| 1.000 | 0.000        | No             |
| 1.000 | 0.000        | No             |
| 1.000 | 0.000        | No             |

Lampiran 5. Difraktogram XRD Organobentonit pada suhu 70°C

(Coupled TwoTheta/Theta)



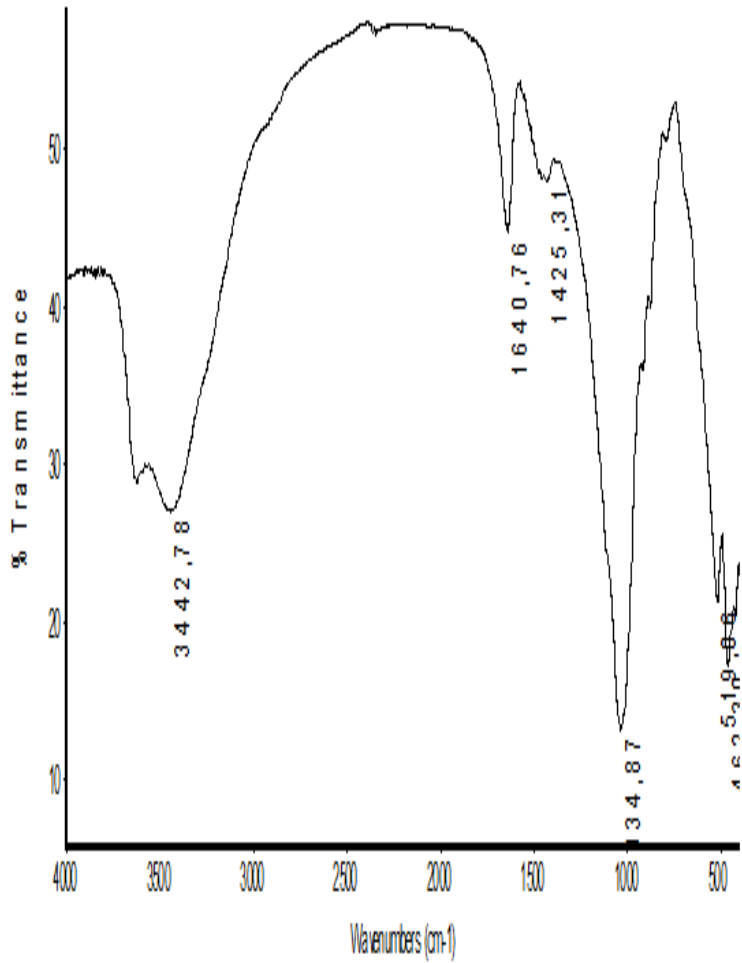


## Peak List #1

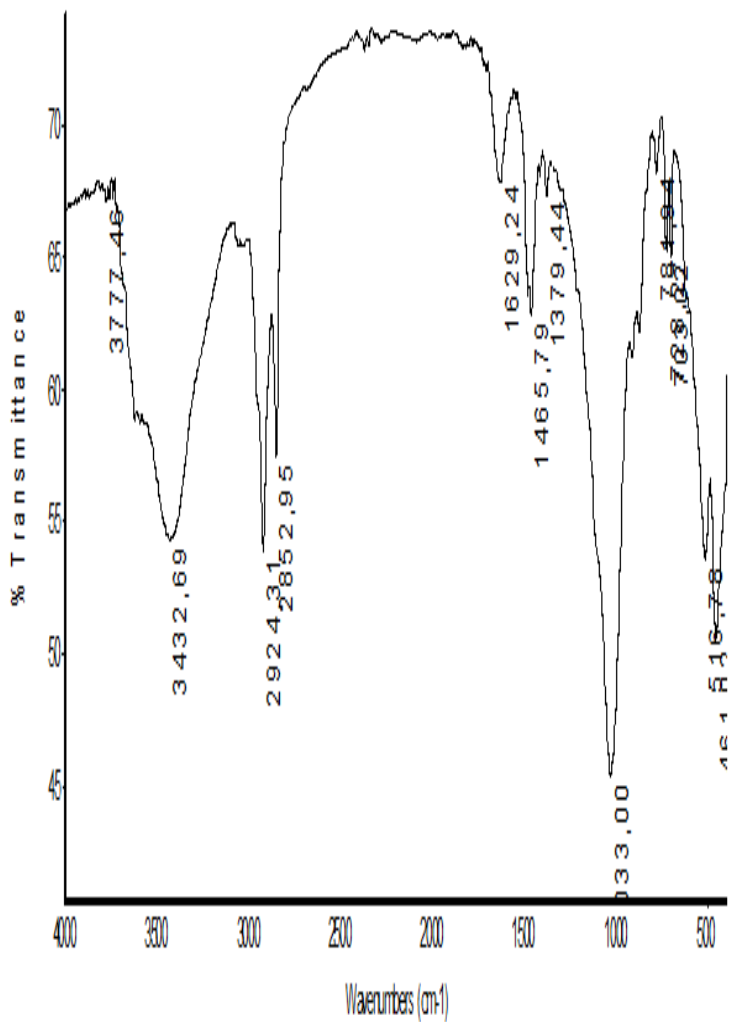
| Visible | Icon | Color | Index | Name     | Parent       | Caption (display) | Scan                   | Angle    |
|---------|------|-------|-------|----------|--------------|-------------------|------------------------|----------|
| Yes     |      | ■     | 1     | Peak #1  | Peak List #1 | 5.351 °           | 2924-2 Sampel 3.raw #1 | 5.351 °  |
| Yes     |      | ■     | 2     | Peak #2  | Peak List #1 | 5.576 °           | 2924-2 Sampel 3.raw #1 | 5.576 °  |
| Yes     |      | ■     | 3     | Peak #3  | Peak List #1 | 11.806 °          | 2924-2 Sampel 3.raw #1 | 11.806 ° |
| Yes     |      | ■     | 4     | Peak #4  | Peak List #1 | 20.375 °          | 2924-2 Sampel 3.raw #1 | 20.375 ° |
| Yes     |      | ■     | 5     | Peak #5  | Peak List #1 | 27.230 °          | 2924-2 Sampel 3.raw #1 | 27.230 ° |
| Yes     |      | ■     | 6     | Peak #6  | Peak List #1 | 35.226 °          | 2924-2 Sampel 3.raw #1 | 35.226 ° |
| Yes     |      | ■     | 7     | Peak #7  | Peak List #1 | 36.337 °          | 2924-2 Sampel 3.raw #1 | 36.337 ° |
| Yes     |      | ■     | 8     | Peak #8  | Peak List #1 | 57.717 °          | 2924-2 Sampel 3.raw #1 | 57.717 ° |
| Yes     |      | ■     | 9     | Peak #9  | Peak List #1 | 61.252 °          | 2924-2 Sampel 3.raw #1 | 61.252 ° |
| Yes     |      | ■     | 10    | Peak #10 | Peak List #1 | 62.051 °          | 2924-2 Sampel 3.raw #1 | 62.051 ° |
| Yes     |      | ■     | 11    | Peak #11 | Peak List #1 | 64.533 °          | 2924-2 Sampel 3.raw #1 | 64.533 ° |
| Yes     |      | ■     | 12    | Peak #12 | Peak List #1 | 73.733 °          | 2924-2 Sampel 3.raw #1 | 73.733 ° |
| Yes     |      | ■     | 13    | Peak #13 | Peak List #1 | 75.676 °          | 2924-2 Sampel 3.raw #1 | 75.676 ° |

| d Value    | Net Intensity | Gross Intensity | Rel. Intensity | h,k,l | Match |
|------------|---------------|-----------------|----------------|-------|-------|
| 16.50043 Å | 62.6          | 527             | 14.3 %         | n.a.  | No    |
| 15.83766 Å | 152           | 617             | 34.7 %         | n.a.  | No    |
| 7.48972 Å  | 75.2          | 577             | 17.1 %         | n.a.  | No    |
| 4.35509 Å  | 439           | 1172            | 100.0 %        | n.a.  | No    |
| 3.27239 Å  | 136           | 833             | 30.9 %         | n.a.  | No    |
| 2.54574 Å  | 158           | 803             | 36.1 %         | n.a.  | No    |
| 2.47042 Å  | 182           | 841             | 41.5 %         | n.a.  | No    |
| 1.59598 Å  | 77.0          | 706             | 17.6 %         | n.a.  | No    |
| 1.51208 Å  | 66.3          | 692             | 15.1 %         | n.a.  | No    |
| 1.49450 Å  | 168           | 796             | 38.3 %         | n.a.  | No    |
| 1.44288 Å  | 98.7          | 709             | 22.5 %         | n.a.  | No    |
| 1.28394 Å  | 93.7          | 679             | 21.4 %         | n.a.  | No    |
| 1.25572 Å  | 62.0          | 630             | 14.1 %         | n.a.  | No    |

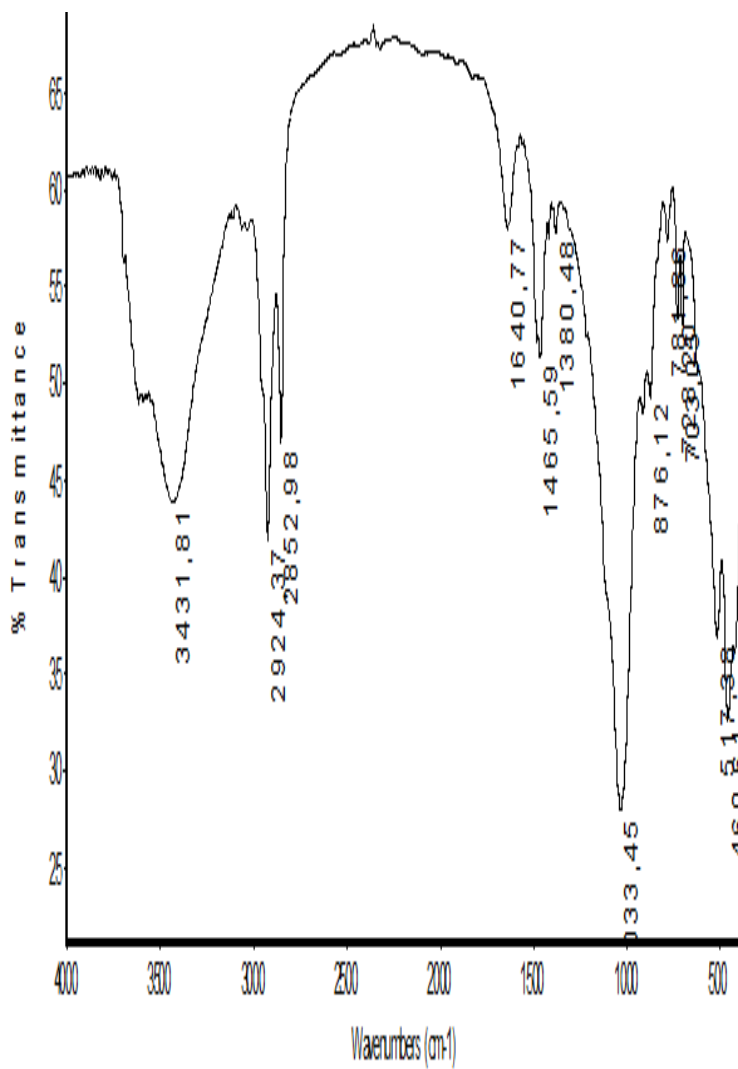
## Lampiran 6 Spektra FTIR Bentonit alam



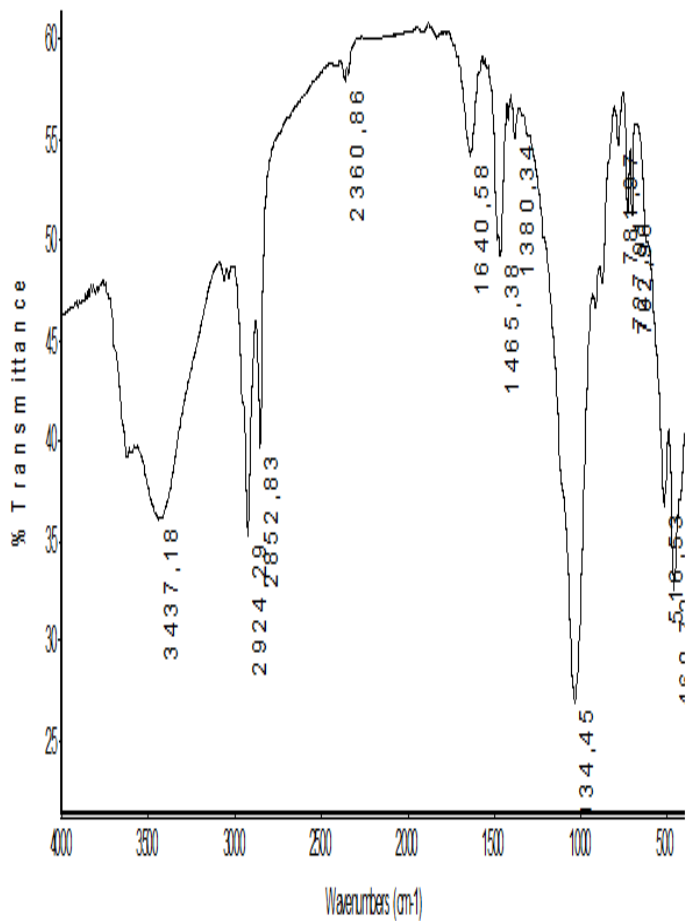
Lampiran 7. Spektra FTIR Organobentonit pada suhu 50°C



Lampiran 8 Spektra difraktogram pada suhu 60 °C



### Lampiran 9 Spektra difraktogram pada suhu 70 °C



**Lampiran 10. Data pengaruh pH adsorpsi ion logam Zn<sup>2+</sup>  
pada material bentonit alam dan bentonit  
terinterkalasi**

| <b>Sample</b> | <b>Cakhir<br/>(ppm)</b> | <b>Kapasitas<br/>adsorpsi<br/>(mg/g)</b> | <b>pH</b> | <b>Daya<br/>adsorpsi (%)</b> |
|---------------|-------------------------|--|-----------|------------------------------|
| C 4           | 10,081                  | 4,49595                                  | 4         | 89,919                       |
| C 5           | 9,492                   | 4,5254                                   | 5         | 90,508                       |
| C 6           | 7,051                   | 4,64745                                  | 6         | 92,949                       |
| C 7           | 7,573                   | 4,62135                                  | 7         | 92,427                       |
| C 8           | 7,576                   | 4,6212                                   | 8         | 92,424                       |
| 50 4          | 8,095                   | 4,59525                                  | 4         | 91,905                       |
| 50 5          | 5,248                   | 4,7376                                   | 5         | 94,752                       |
| 50 6          | 0,586                   | 4,9707                                   | 6         | 99,414                       |
| 50 7          | 2,682                   | 4,8659                                   | 7         | 97,318                       |
| 50 8          | 3,098                   | 4,8451                                   | 8         | 96,902                       |
| 60 4          | 5,963                   | 4,70185                                  | 4         | 94,037                       |
| 60 5          | 3,512                   | 4,8244                                   | 5         | 96,488                       |
| 60 6          | 0,003                   | 4,99985                                  | 6         | 99,997                       |
| 60 7          | 0,187                   | 4,99065                                  | 7         | 99,813                       |
| 60 8          | 2,081                   | 4,89595                                  | 8         | 97,919                       |

|      |        |         |   |        |
|------|--------|---------|---|--------|
| 70 4 | 11,673 | 4,41635 | 4 | 88,327 |
| 70 5 | 8,921  | 4,55395 | 5 | 91,079 |
| 70 6 | 4,826  | 4,7587  | 6 | 95,174 |
| 70 7 | 5,012  | 4,7494  | 7 | 94,988 |
| 70 8 | 5,248  | 4,7376  | 8 | 94,752 |

**Keterangan\* : Konsentrasi awal yang digunakan adalah 100 ppm**

Perhitungan Kapasitas Adsorpsi

$$Q = \frac{(C_{awal} - C_{akhir}) \times V_{anion}}{m}$$

$$Q = \frac{\frac{(100 - 10,081) \text{ mg}}{\text{L}} \times 0,0025 \text{ L}}{0,5 \text{ g}}$$

$$Q = 4.495 \text{ mg/g}$$

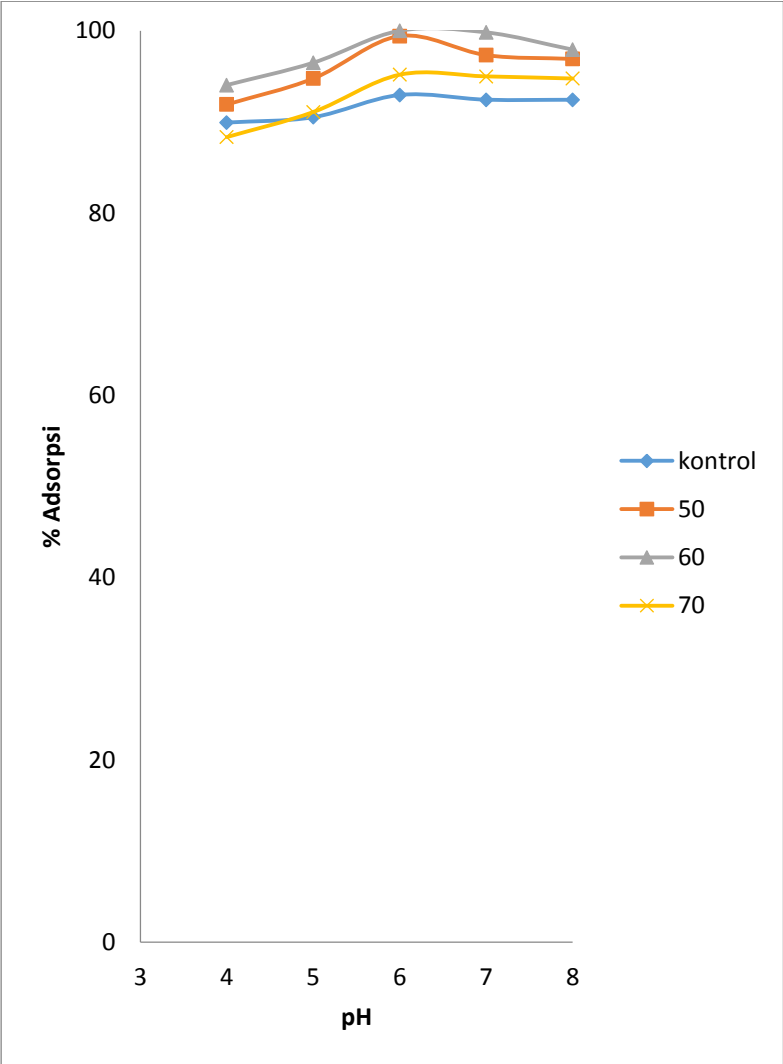
Perhitungan Daya Adsorpsi

$$\% E = \frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal}} \times 100 \%$$

$$\% E = \frac{100 - 10,081}{100} \times 100\%$$

$$\% E = 89,919 \%$$

**(Untuk Variasi pH dan suhu sintesis yang lain dapat digunakan cara yang sama)**

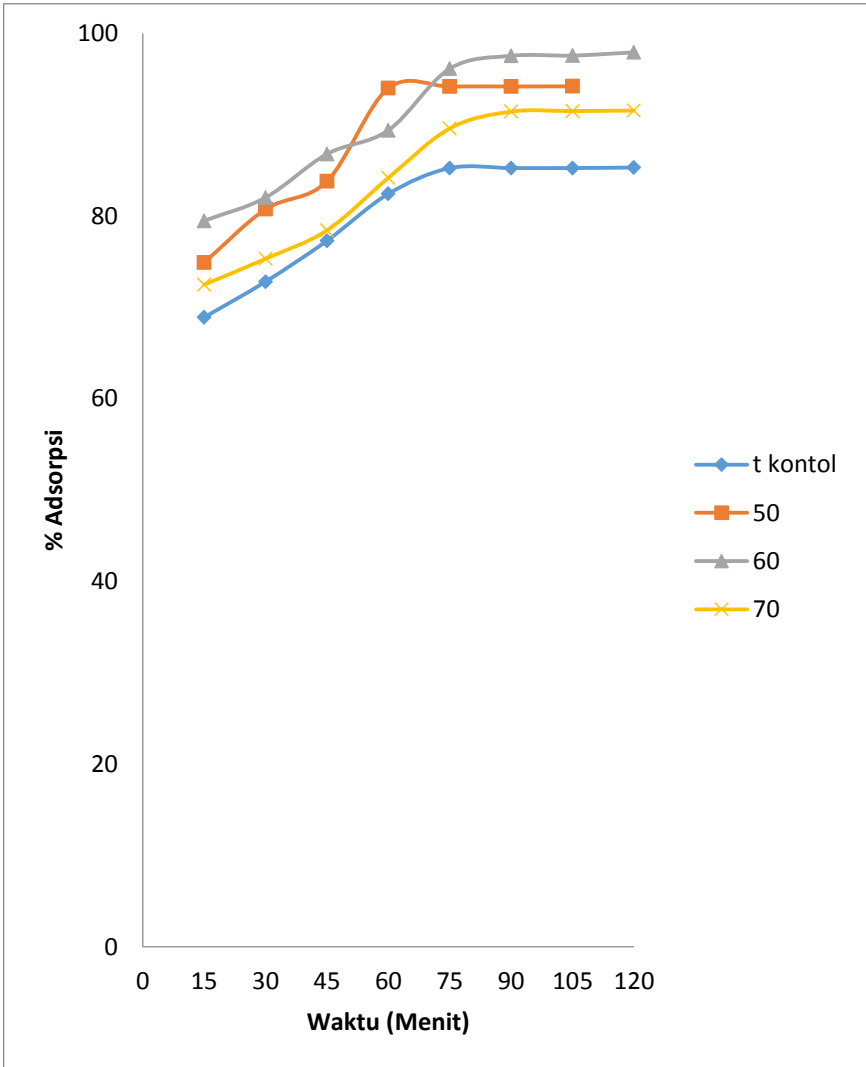




**Lampiran 11. Data Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Adsorpsi Ion Logam Zn<sup>2+</sup> Pada Material Bentonit Alam Dan Bentonit Terinterkalasi**

| <b>Suhu (°C)</b> | <b>t (Minut )</b> | <b>Konsentra si awal (ppm)</b> | <b>Konsentra si akhir (ppm)</b> | <b>Daya adsorbsi (%)</b> |
|------------------|-------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| <b>Kontrol</b>   | 15                | 100                            | 31,091                          | 68,909                   |
|                  | 30                | 100                            | 27,186                          | 72,814                   |
|                  | 45                | 100                            | 22,708                          | 77,292                   |
|                  | 60                | 100                            | 17,571                          | 82,429                   |
|                  | 75                | 100                            | 14,752                          | 85,248                   |
|                  | 90                | 100                            | 14,745                          | 85,255                   |
|                  | 105               | 100                            | 14,745                          | 85,255                   |
|                  | 120               | 100                            | 14,687                          | 85,313                   |
| 50               | 15                | 100                            | 25,083                          | 74,917                   |
|                  | 30                | 100                            | 19,257                          | 80,743                   |
|                  | 45                | 100                            | 16,195                          | 83,805                   |
|                  | 60                | 100                            | 6,009                           | 93,991                   |
|                  | 75                | 100                            | 5,816                           | 94,184                   |
|                  | 90                | 100                            | 5,815                           | 94,185                   |
|                  | 105               | 100                            | 5,798                           | 94,202                   |

|    |       |     |        |        |
|----|-------|-----|--------|--------|
|    | 120   | 100 | 5,725  | 94,275 |
|    | <hr/> |     |        |        |
|    | 15    | 100 | 20,521 | 79,479 |
|    | 30    | 100 | 17,976 | 82,024 |
|    | 45    | 100 | 13,208 | 86,792 |
| 60 | 60    | 100 | 10,613 | 89,387 |
|    | 75    | 100 | 7,865  | 92,135 |
|    | 90    | 100 | 5,409  | 94,591 |
|    | 105   | 100 | 1,994  | 98,006 |
|    | <hr/> |     |        |        |
|    | 120   | 100 | 1,496  | 98,504 |
|    | 15    | 100 | 27,509 | 72,491 |
|    | 30    | 100 | 24,675 | 75,325 |
|    | 45    | 100 | 21,563 | 78,437 |
| 70 | 60    | 100 | 15,821 | 84,179 |
|    | 75    | 100 | 10,407 | 89,593 |
|    | 90    | 100 | 8,561  | 91,439 |
|    | 105   | 100 | 8,505  | 91,495 |
|    | 120   | 100 | 8,455  | 91,545 |
|    | <hr/> |     |        |        |

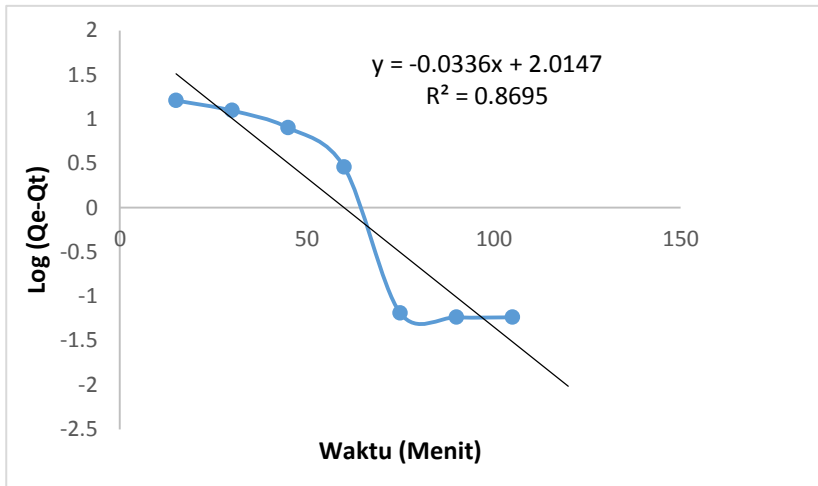


**Lampiran 12 Data perhitungan Kinetika adsorpsi pada  
Pseudo first order dan pseudo second  
order.**

a. Suhu kontrol

| t   | C <sub>0</sub> | C <sub>e</sub> | C <sub>ads</sub><br>o | Q <sub>t</sub> | Q <sub>e</sub> | Q <sub>e</sub> -<br>Q <sub>t</sub> | t/Q<br>t  | Log<br>(Q <sub>e</sub> -<br>Q <sub>t</sub> ) |
|-----|----------------|----------------|-----------------------|----------------|----------------|------------------------------------|-----------|--|
| 15  | 10<br>0        | 31,0<br>91     | 68,9<br>09            | 68,9<br>09     | 85,3<br>13     | 16,4<br>04                         | 0,21<br>7 | 1,215  |
| 30  | 10<br>0        | 27,1<br>86     | 72,8<br>14            | 72,8<br>14     | 85,3<br>13     | 12,4<br>99                         | 0,41<br>2 | 1,096  |
| 45  | 10<br>0        | 22,7<br>08     | 77,2<br>92            | 77,2<br>92     | 85,3<br>13     | 8,02<br>1                          | 0,58<br>2 | 0,904  |
| 60  | 10<br>0        | 17,5<br>71     | 82,4<br>29            | 82,4<br>29     | 85,3<br>13     | 2,88<br>4                          | 0,72<br>7 | 0,459  |
| 75  | 10<br>0        | 14,7<br>52     | 85,2<br>48            | 85,2<br>48     | 85,3<br>13     | 0,06<br>5                          | 0,87<br>9 | -<br>1,187                                   |
| 90  | 10<br>0        | 14,7<br>45     | 85,2<br>55            | 85,2<br>55     | 85,3<br>13     | 0,05<br>8                          | 1,05<br>5 | -<br>-1,23                                   |
| 105 | 10<br>0        | 14,7<br>45     | 85,2<br>55            | 85,2<br>55     | 85,3<br>13     | 0,05<br>8                          | 1,23<br>1 | -<br>1,236                                   |
| 120 | 10<br>0        | 14,6<br>87     | 85,3<br>13            | 85,3<br>13     | 85,3<br>13     | 0<br>0                             | 1,40<br>6 | #NU<br>M!                                    |

Grafik untuk persamaan *Pseudo First Order*



Sehingga diperoleh persamaan garis sebagai berikut:

$$\text{Log (Qe-Qt)} = \log \text{Qe} - \left(\frac{K_1}{2,303}\right) t$$

$$Y = ax + b$$

$$Y = -0,0336 x + 2,0147$$

Dimana

$$\text{Slope (a)} = -\left(\frac{K_1}{2,303}\right) = -0,0336$$

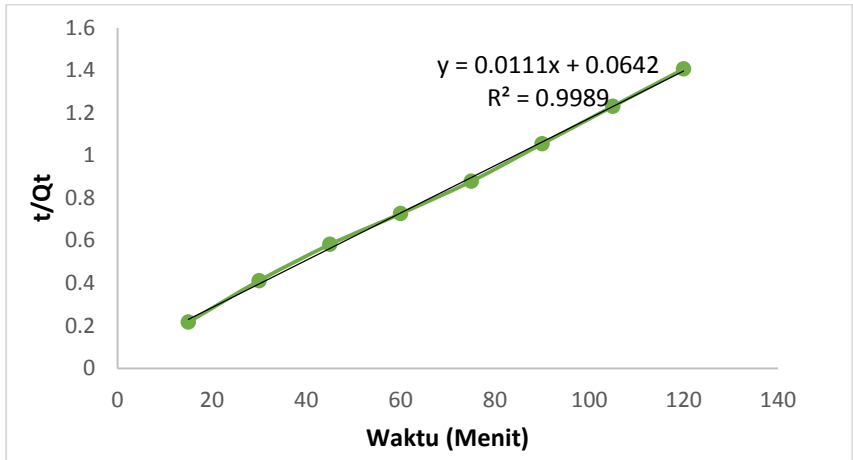
$$\text{Intercept} = \log \text{Qe} = 2,0147$$

$$\begin{aligned} - \quad K_1 &= -(a \times 2,303) \\ &= -(0,0336 \times 2,303) \\ &= 0,0773 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \quad \text{Qe} &= 10^b \\ &= 10^{2,014} \end{aligned}$$

$$= 102,32 \text{ mg/g}$$

Grafik untuk persamaan *pseudo second order*



Sehingga di peroleh persamaan garis sebagai berikut

$$\frac{t}{Qt} = \frac{1}{K_2 Q_e^2} + \frac{1}{Q_e} t$$

$$Y = ax + b$$

$$Y = 0,0111 x + 0,0642$$

$$\text{Dimana Slope (a)} = \frac{1}{Q_e} = 0,0111$$

$$\text{Intercept (b)} = \frac{1}{k_2 \times Q_e^2} = 0,0642$$

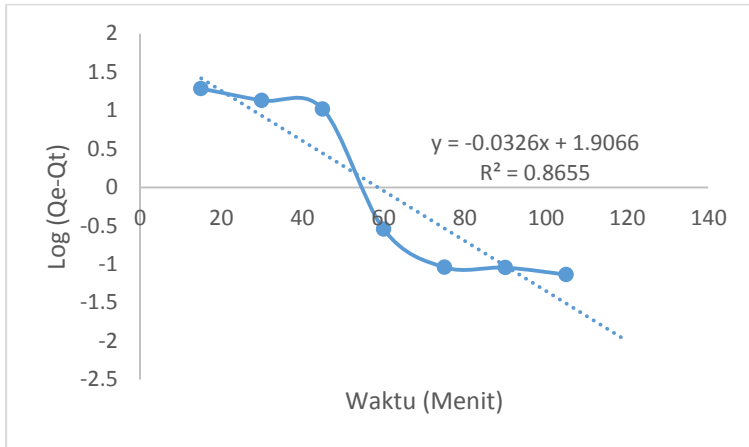
$$\begin{aligned} Q_e &= \frac{1}{a} \\ &= \frac{1}{0,0111} \\ &= 9,009 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_2 &= \frac{1}{b \times Q_e^2} \\ &= \frac{1}{0,0642 \times 81,16} \\ &= 0,191 \end{aligned}$$

b. Suhu 50 °C

| T   | C0  | Ce     | Cadso  | Qt     | Qe     | Qe-Qt  | t/Qt  | Log (Qe-Qt) |
|-----|-----|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------------|
| 15  | 100 | 31,091 | 68,909 | 68,909 | 85,313 | 16,404 | 0,217 | 1,215       |
| 30  | 100 | 27,186 | 72,814 | 72,814 | 85,313 | 12,499 | 0,412 | 1,096       |
| 45  | 100 | 22,708 | 77,292 | 77,292 | 85,313 | 8,021  | 0,582 | 0,904       |
| 60  | 100 | 17,571 | 82,429 | 82,429 | 85,313 | 2,884  | 0,727 | 0,459       |
| 75  | 100 | 14,752 | 85,248 | 85,248 | 85,313 | 0,065  | 0,879 | -1,187      |
| 90  | 100 | 14,745 | 85,255 | 85,255 | 85,313 | 0,058  | 1,055 | -1,23       |
| 105 | 100 | 14,745 | 85,255 | 85,255 | 85,313 | 0,058  | 1,231 | -1,236      |
| 120 | 100 | 14,687 | 85,313 | 85,313 | 85,313 | 0      | 1,406 | #NUM!       |

### Grafik Persamaan *Pseudo First Order*



Sehingga diperoleh persamaan garis sebagai berikut:

$$\text{Log } (Q_e - Q_t) = \log Q_e - \left(\frac{K_1}{2,303}\right) t$$

$$Y = ax + b$$

$$Y = -0,0326 x + 1,9066$$

Dimana

$$\text{Slope (a)} = -\left(\frac{K_1}{2,303}\right) = -0,0316$$

$$\text{Intercept} = \log Q_e = 1,9066$$

$$\begin{aligned} - K_1 &= -(a \times 2,303) \\ &= -(0,0326 \times 2,303) \\ &= 0,075 \end{aligned}$$

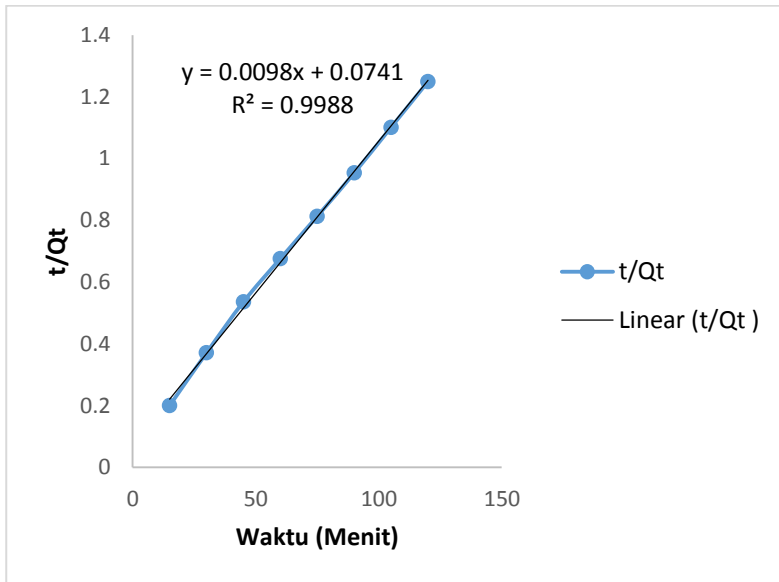
$$- Q_e = 10^b$$



$$= 10^{1,90}$$

$$= 79,43 \text{ mg/g}$$

Grafik untuk persamaan *pseudo second order*



Sehingga di peroleh persamaan garis sebagai berikut

$$\frac{t}{Qt} = \frac{1}{K_2 Q_e^2} + \frac{1}{Q_e} t$$

$$Y = ax + b$$

$$Y = 0,0098 x + 0,0741$$

Dimana

$$\text{Slope (a)} = \frac{1}{Q_e} = 0,0098$$

$$\text{Intercept (b)} = \frac{1}{K_2 Q_e^2} = 0,0741$$

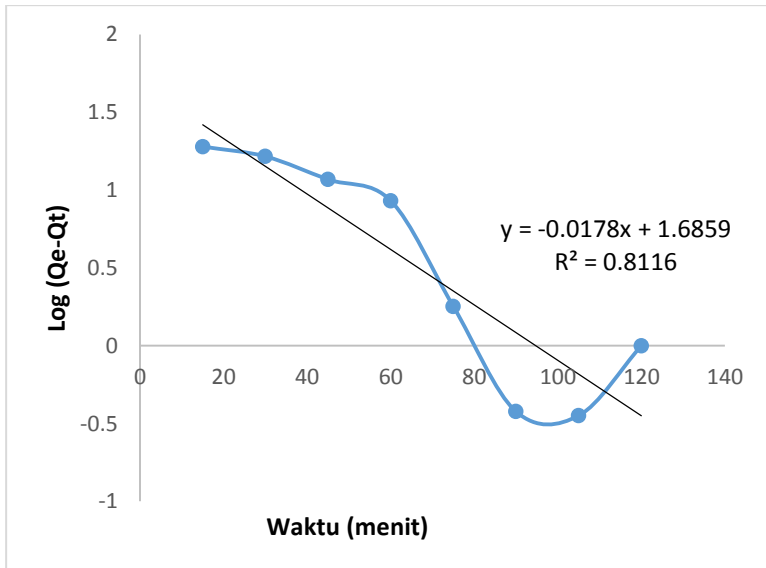
$$Q_e = \frac{1}{a}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{0,0098} \\ &= 102,04 \text{ mg/g} \\ K_2 &= \frac{1}{b \times Qe^2} \\ &= \frac{1}{0,0741 \times 102,04} \\ &= 0,13225 \end{aligned}$$

c. Suhu 60 °C

| <b>t</b> | <b>C0</b> | <b>Ct</b> | <b>Cadso</b> | <b>Qt</b> | <b>Qe</b> | <b>Qe-Qt</b> | <b>t/Qt</b> | <b>Log (Qe-Qt)</b> |
|----------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|--------------|-------------|--------------------|
| 15       | 100       | 20,521    | 79,479       | 79,479    | 97,924    | 18,445       | 0,188       | 1,265              |
| 30       | 100       | 17,976    | 82,024       | 82,024    | 97,924    | 15,9         | 0,365       | 1,201              |
| 45       | 100       | 13,208    | 86,792       | 86,792    | 97,924    | 11,132       | 0,518       | 1,0465             |
| 60       | 100       | 10,613    | 89,387       | 89,387    | 97,924    | 8,537        | 0,671       | 0,931              |
| 75       | 100       | 3,865     | 96,135       | 96,135    | 97,924    | 1,789        | 0,780       | 0,252              |
| 90       | 100       | 2,453     | 97,547       | 97,547    | 97,924    | 0,377        | 0,922       | -0,423             |
| 105      | 100       | 2,431     | 97,569       | 97,569    | 97,924    | 0,355        | 1,076       | -0,4497            |
| 120      | 100       | 2,076     | 97,924       | 97,924    | 97,924    | 0            | 1,225       | #NUM!              |

Grafik untuk persamaan *Pseudo First Order*



Sehingga diperoleh persamaan garis sebagai berikut:

$$\text{Log } (Q_e - Q_t) = \log Q_e - \left(\frac{K_1}{2,303}\right) t$$

$$Y = ax + b$$

$$Y = -0,0178x + 1,6859$$

Dimana

$$\text{Slope (a)} = -\left(\frac{K_1}{2,303}\right) = -0,0178$$

$$\text{Intercept} = \log Q_e = 1,685$$

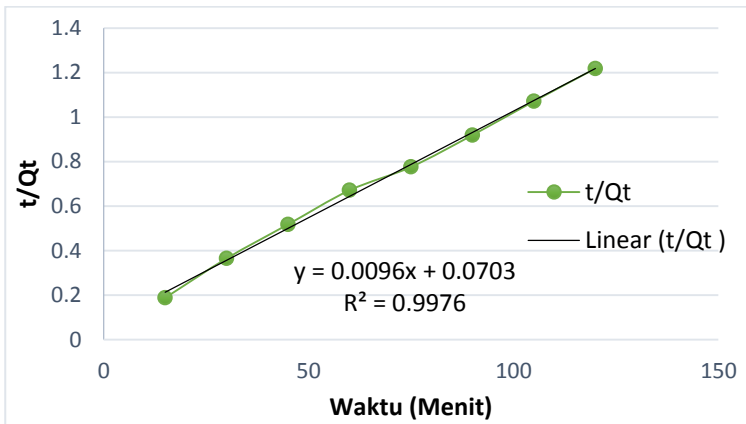
$$\begin{aligned} - K_1 &= -(a \times 2,303) \\ &= -(0,0178 \times 2,303) \\ &= 0,04 \end{aligned}$$

$$- Q_e = 10^b$$

$$= 10^{1,68}$$

$$= 47,86 \text{ mg/g}$$

Grafik untuk persamaan *pseudo second order*



Sehingga di peroleh persamaan garis sebagai berikut

$$\frac{t}{Qt} = \frac{t}{Qe} = \frac{1}{K_2 Qe^2} + \frac{1}{Qe} t$$

$$Y = ax + b$$

$$Y = 0,0096 x + 0,0703$$

Dimana

$$\text{Slope (a)} = \frac{1}{Qe} = 0,0096$$

$$\text{Intercept (b)} = \frac{1}{K_2 \times Qe^2} = 0,0703$$

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

$$= \frac{1}{0,0096}$$
$$= 104,167 \text{ mg/g}$$

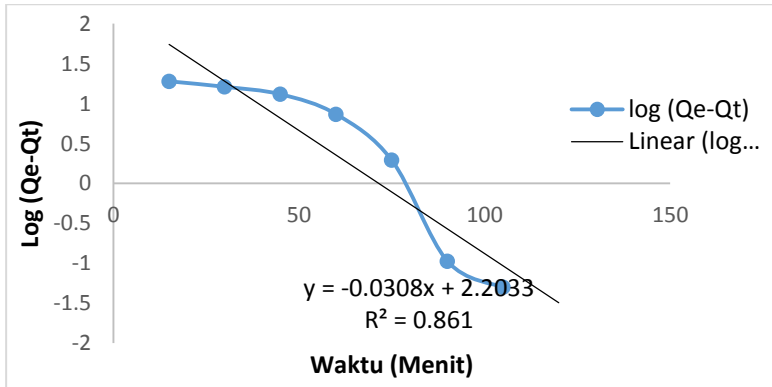
K2

$$= \frac{1}{b \times Qe^2}$$
$$= \frac{1}{0,0703 \times 10850,69}$$
$$= 0,001$$

d. Suhu 70°C

| t   | C0  | Ce     | Cadso  | Qt     | Qe     | Qe-Qt  | t/Qt  | Log (Qe-Qt) |
|-----|-----|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------------|
| 15  | 100 | 27,509 | 72,491 | 72,491 | 91,545 | 19,054 | 0,206 | 1,279       |
| 30  | 100 | 24,675 | 75,325 | 75,325 | 91,545 | 16,22  | 0,398 | 1,210       |
| 45  | 100 | 21,563 | 78,437 | 78,437 | 91,545 | 13,108 | 0,573 | 1,117       |
| 60  | 100 | 15,821 | 84,179 | 84,179 | 91,545 | 7,366  | 0,712 | 0,867       |
| 75  | 100 | 10,407 | 89,593 | 89,593 | 91,545 | 1,952  | 0,837 | 0,2904      |
| 90  | 100 | 8,561  | 91,439 | 91,439 | 91,545 | 0,106  | 0,984 | -0,974      |
| 105 | 100 | 8,505  | 91,495 | 91,495 | 91,545 | 0,05   | 1,147 | -1,301      |
| 120 | 100 | 8,455  | 91,545 | 91,545 | 91,545 | 0      | 1,310 | #NUM!       |

grafik untuk persamaan *Pseudo First Order*



Sehingga diperoleh persamaan garis sebagai berikut:

$$\text{Log } (Q_e - Q_t) = \log Q_e - \left(\frac{K_1}{2,303}\right) t$$

$$Y = ax + b$$

$$Y = -0,0308 x + 2,2033$$

Dimana

$$\text{Slope (a)} = -\left(\frac{K_1}{2,303}\right) = -0,0308$$

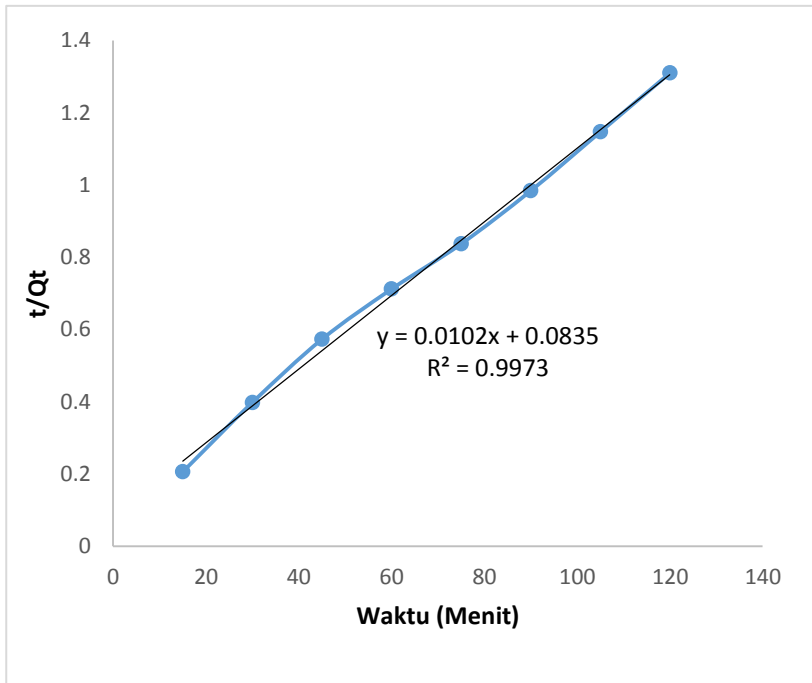
$$\text{Intercept} = \log Q_e = 2,203$$

$$\begin{aligned} - K_1 &= -(a \times 2,303) \\ &= -(0,0308 \times 2,303) \\ &= 0,07 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - Q_e &= 10^b \\ &= 10^{2,203} \\ &= 159,58 \text{ mg/g} \end{aligned}$$



Grafik untuk persamaan *pseudo second order*



Sehingga di peroleh persamaan garis sebagai berikut

$$\frac{t}{Qt} = \frac{t}{Q_e} = \frac{1}{K_2 Q_e^2} + \frac{1}{Q_e} t$$

$$Y = ax + b$$

$$Y = 0,0102 x + 0,0835$$

Dimana

$$\text{Slope (a)} = \frac{1}{Q_e} = 0,0102$$

$$\text{Intercept (b)} = = 0,0835$$

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

$$= \frac{1}{0,0102}$$
$$= 98,039 \text{ mg/g}$$

$$K_2 = \frac{1}{b \times Qe2}$$
$$= \frac{1}{0,0835 \times 9.611,68}$$
$$= 0.0012$$