

**UJI ADSORPSI BENTONIT TERAKTIVASI KOH TERHADAP  
LOGAM BERAT Cu(II)**

**SKRIPSI**

Disusun untuk Memenuhi Tugas dan Melengkapi Syarat  
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Strata S. 1  
dalam Ilmu Kimia



Oleh :

**MEGA ROIKHANAH FAUZIYATI**

**1508036009**

**PROGRAM STUDI KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO  
SEMARANG**

**2019**



**UJI ADSORPSI BENTONIT TERAKTIVASI KOH TERHADAP  
LOGAM BERAT Cu(II)**

**SKRIPSI**

Disusun untuk Memenuhi Tugas dan Melengkapi Syarat  
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Strata S. 1  
dalam Ilmu Kimia



Oleh :

**MEGA ROIKHANAH FAUZIYATI**

**1508036009**

**PROGRAM STUDI KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO  
SEMARANG**

**2019**





## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mega Roikhanah Fauziyati  
NIM : 1508036009  
Jurusan/ Program Studi : Kimia

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul :

### **UJI ADSORPSI BENTONIT TERAKTIVASI KOH TERHADAP LOGAM BERAT Cu(II)**

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

Semarang, 18 Oktober 2019  
Pembuat Pernyataan



Mega Roikhanah Fauziyati  
NIM: 1508036009



## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mega Roikhanah Fauziyati  
NIM : 1508036009  
Jurusan/ Program Studi : Kimia

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul :

### **UJI ADSORPSI BENTONIT TERAKTIVASI KOH TERHADAP LOGAM BERAT Cu(II)**

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


Semarang, 18 Oktober 2019  
Pembuat Pernyataan



Mega Roikhanah Fauziyati  
NIM: 1508036009




Wirda Uda'bah, S.Pd., M.Si.  
NIP.19850104 200911 2 003

Pembimbing II,  


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

Pembimbing I,  

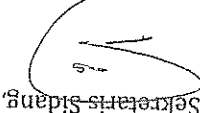

Erwin Tri Suryandari, M.Si.  
NIP.19740716 200912 2 001

Penguji II,  



Arik Rahmawati, S.Pd., M.Si.  
NIP.19750516 200604 2 002

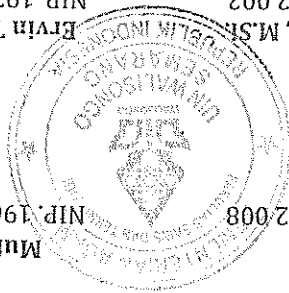
Penguji I,  


Muti'ah, S.Ag., M.Pd.  
NIP.19690707 199703 2 001

Sekretaris-Sidang,  


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

Ketua Sidang,  




DEWAN PENGUJI

Semarang, 21 Oktober 2019

Judul : Uji Adsorpsi Bentonit Teraktivasi KOH Terhadap Logam Berat Cu (II)  
Penulis : Mega Roikhanah Fauziyati  
Jurusan : Kimia  
telah diujikan dalam sidang munagasah oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam bidang Ilmu Kimia.

Naskah skripsi berikut ini:

PENGESAHAN

KEMENTERIAN AGAMA RI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
Jl. Prof. Dr. Hamka (Kampus II) Ngaliyan Semarang  
Telp. 024-7601295 Fax. 7615387



## NOTA DINAS

Semarang, 18 Oktober 2019

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

*Assalamu'alaikum. Wr. Wb.*

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

Judul : **UJI ADSORPSI BENTONIT TERAKTIVASI KOH TERHADAP  
LOGAM BERAT Cu(II)**

Penulis : **Mega Roikhanah Fauziyati**

NIM : 1508036009  
Jurusan : Kimia

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

*Wassalamu'alaikum. Wr. Wb.*

Pembimbing I,



**Mulyatun, M. Si**

NIP. 19830504 2011012 008



## NOTA DINAS

Semarang, 18 Oktober 2019

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

*Assalamu'alaikum. Wr. Wb.*

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

Judul : **UJI ADSORPSI BENTONIT TERAKTIVASI KOH TERHADAP LOGAM BERAT Cu(II)**

Penulis : **Mega Roikhanah Fauziyati**

NIM : 1508036009

Jurusan : Kimia

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

*Wassalamu'alaikum. Wr. Wb.*

Pembimbing I,



**Mulyatun, M. Si**

NIP. 19830504 2011012 008





## NOTA DINAS

Semarang, 18 Oktober 2019

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

*Assalamu'alaikum. Wr. Wb.*

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

Judul : **UJI ADSORPSI BENTONIT TERAKTIVASI KOH TERHADAP LOGAM BERAT Cu(II)**

Penulis : **Mega Roikhanah Fauziyati**

NIM : 1508036009

Jurusan : Kimia

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

*Wassalamu'alaikum. Wr. Wb.*

Pembimbing II,



**Wirda Udaibah, S.Pd., M. Si**  
NIP. 19850104 200911 2 003



## NOTA DINAS

Semarang, 18 Oktober 2019

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

*Assalamu'alaikum. Wr. Wb.*

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

Judul : **UJI ADSORPSI BENTONIT TERAKTIVASI KOH TERHADAP LOGAM BERAT Cu(II)**

Penulis : **Mega Roikhanah Fauziyati**

NIM : 1508036009

Jurusan : Kimia

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

*Wassalamu'alaikum. Wr. Wb.*

Pembimbing II,



**Wirda Udaibah, S.Pd., M. Si**  
NIP. 19850104 200911 2 003



## MOTTO

قُلْ أَنْظِرُوا مَاذَا فِي السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَمَا تُغْنِي الْآيَاتُ وَالنُّذُرُ عَنْ قَوْمٍ

لَا يُؤْمِنُونَ ﴿١٠١﴾

Katakanlah: "Perhatikanlah apa yang ada di langit dan di bumi. Tidaklah bermanfaat tanda kekuasaan Allah dan rasul-rasul yang memberi peringatan bagi orang-orang yang tidak beriman." (Q.S.Yunus : 101)



## MOTTO

قُلْ أَنْظِرُوا مَاذَا فِي السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَمَا تُغْنِي الْآيَاتُ وَالنُّذُرُ عَنْ قَوْمٍ

لَا يُؤْمِنُونَ ﴿١٠١﴾

Katakanlah: "Perhatikanlah apa yang ada di langit dan di bumi. Tidaklah bermanfaat tanda kekuasaan Allah dan rasul-rasul yang memberi peringatan bagi orang-orang yang tidak beriman." (Q.S.Yunus : 101)





## ABSTRAK

Nama : Mega Roikhanah Fauziyati

NIM : 1508036009

Judul : Uji Adsorpsi Bentonit Teraktivasi KOH Terhadap Ion Logam Berat Cu(II)

---

Peningkatan perkembangan industri setiap tahun menyebabkan limbah cair yang dihasilkan semakin meningkat. Limbah yang tidak mengalami pengolahan menyebabkan pencemaran lingkungan. Salah satu upaya untuk mengurangi kadar ion logam dalam limbah yaitu meminimalisir kandungan ion logam berat menggunakan metode adsorpsi. Penelitian ini bertujuan mempelajari pengaruh proses aktivasi pada bentonit dengan menggunakan KOH dan mengaplikasikannya sebagai adsorben ion logam Cu(II). Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah variasi konsentrasi aktivator KOH, waktu optimum dan pH. Selain itu studi kinetika adsorpsi juga dipelajari dalam penelitian ini. Hasil penelitian menunjukkan adsorben terbaik adalah bentonit teraktivasi KOH 6M. Karakteristik bentonit ditandai dengan munculnya gugus spesifik Si-O dan Si-O-Si pada panjang gelombang  $1009,31\text{ cm}^{-1}$  dan  $466,71\text{ cm}^{-1}$ , munculnya difraktogram khas montmorillonit pada intensitas  $2\theta = 20,880^\circ$  ( $d=4,508\text{ \AA}$ ), luas permukaan spesifik  $87,2001\text{ m}^2/\text{g}$  dengan kapasitas adsorpsi  $50,013\text{ mg/g}$ . Kondisi optimum waktu kontak adalah 120 menit pada konsentrasi awal ion logam Cu(II)  $1000\text{ ppm}$   $50\text{ ml}$ . Adsorpsi ini mengikuti model kinetika pseudo orde dua dengan konstanta laju adsorpsi ion logam Cu(II) sebesar  $9,08 \times 10^{-4}\text{ g.mg}^{-1}$ .

**Kata kunci :** Bentonit teraktivasi, KOH, Adsorpsi, Ion logam Cu(II)



## ABSTRAK

Nama : Mega Roikhanah Fauziyati

NIM : 1508036009

Judul : Uji Adsorpsi Bentonit Teraktivasi KOH Terhadap Ion Logam Berat Cu(II)

---

Peningkatan perkembangan industri setiap tahun menyebabkan limbah cair yang dihasilkan semakin meningkat. Limbah yang tidak mengalami pengolahan menyebabkan pencemaran lingkungan. Salah satu upaya untuk mengurangi kadar ion logam dalam limbah yaitu meminimalisir kandungan ion logam berat menggunakan metode adsorpsi. Penelitian ini bertujuan mempelajari pengaruh proses aktivasi pada bentonit dengan menggunakan KOH dan mengaplikasikannya sebagai adsorben ion logam Cu(II). Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah variasi konsentrasi aktivator KOH, waktu optimum dan pH. Selain itu studi kinetika adsorpsi juga dipelajari dalam penelitian ini. Hasil penelitian menunjukkan adsorben terbaik adalah bentonit teraktivasi KOH 6M. Karakteristik bentonit ditandai dengan munculnya gugus spesifik Si-O dan Si-O-Si pada panjang gelombang  $1009,31 \text{ cm}^{-1}$  dan  $466,71 \text{ cm}^{-1}$ , munculnya difraktogram khas montmorillonit pada intensitas  $2\theta = 20,880^\circ$  ( $d=4,508 \text{ \AA}$ ), luas permukaan spesifik  $87,2001 \text{ m}^2/\text{g}$  dengan kapasitas adsorpsi  $50,013 \text{ mg/g}$ . Kondisi optimum waktu kontak adalah 120 menit pada konsentrasi awal ion logam Cu(II) 1000 ppm 50 ml. Adsorpsi ini mengikuti model kinetika pseudo orde dua dengan konstanta laju adsorpsi ion logam Cu(II) sebesar  $9,08 \times 10^{-4} \text{ g.mg}^{-1}$ .

**Kata kunci** : Bentonit teraktivasi, KOH, Adsorpsi, Ion logam Cu(II)



## TRANSLITERASI ARAB-LATIN

Penulisan transliterasi huruf-huruf Arab Latin dalam skripsi ini berpedoman pada SKB Menteri Agama RI dan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan RI. Nomor: 158/1987 dan 0543 b/U/1987. Penyimpangan penulisan kata sandang [al-] disengaja secara konsisten supaya sesuai teks Arabnya.

Huruf Arab	Latin	Huruf Arab	Latin
ا	A	ط	t
ب	B	ظ	z
ت	T	ع	'
ث	s	غ	G
ج	J	ف	F
ح	h	ق	Q
خ	Kh	ك	K
د	D	ل	L
ذ	Z	م	M
ر	R	ن	N
ز	Z	و	W
س	S	ه	H
ش	Sy	ء	'
ص	s	ي	Y
ض	d		

### Bacaan Mad:

ā = a panjang

ī = i panjang

ū = u panjang

### Huruf Diftong:

au = أُو

ai = أَيُّ

iy = أَيُّ







## TRANSLITERASI ARAB-LATIN

Penulisan transliterasi huruf-huruf Arab Latin dalam skripsi ini berpedoman pada SKB Menteri Agama RI dan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan RI. Nomor: 158/1987 dan 0543 b/U/1987. Penyimpangan penulisan kata sandang [al-] disengaja secara konsisten supaya sesuai teks Arabnya.

Huruf Arab	Latin	Huruf Arab	Latin
ا	A	ط	t
ب	B	ظ	z
ت	T	ع	'
ث	ś	غ	G
ج	J	ف	F
ح	h	ق	Q
خ	Kh	ك	K
د	D	ل	L
ذ	Ẓ	م	M
ر	R	ن	N
ز	Z	و	W
س	S	ه	H
ش	Sy	ء	'
ص	ś	ي	Y
ض	ḍ		

### Bacaan Mad:

ā = a panjang

ī = i panjang

ū = u panjang

### Huruf Diftong:

au = أُوْ

ai = أَيِ

iy = إِيْ



## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillahirrobbil'alamiin* segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik-baiknya. Sholawat serta salam semoga terlimpah pada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang diutus untuk menyempurnakan akhlaq manusia, dan yang kita nantikan syafaatnya di hari akhir kelak.

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan, semangat dan bantuan yang sangat berarti bagi penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik, maka pada kesempatan ini dengan kerendahan hati dan rasa hormat penulis haturkan terimakasih kepada:

1. Dr.H.Ismail,M.Ag., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Univesitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
2. Hj.Malikhatul Hidayah, S.T., M.Pd., selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Univesitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
3. Mulyatun, M. Si dan Wirda Udaibah, S.Pd., M.Si selaku pembimbing yang dengan sabar memberikan semangat, bimbingan, masukan, dan koreksi sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
4. Segenap dosen kimia UIN Walisongo Semarang yang telah memberikan masukan dan koreksi sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

5. Kedua orang tua penulis tercinta, Ayahanda Bapak Moh.Kodi S.Ag., M.Pd.I dan Ibunda Siti Amroh, Mbak-mas dan adik penulis mbak Endry, mas Agus, Alm. mas Haris, mbak Luluk, mbak Putry, dek tasya, yang senantiasa memberikan do'a dan dukungan baik moril maupun materiil yang sangat luar biasa, sehingga penulis dapat menyelesaikan kuliah strata 1 serta skripsi ini dengan lancar.
6. Anita Kurnia Zustri, S.Si dan Achmad Mughis S.Pd, yang telah membantu dalam proses penelitian.
7. Segenap Asisten Laboratorium Kimia (Khususnya titik, zaim, nabil, syarifah, dyah) yang telah membantu dalam proses penelitian dan memberi semangat.
8. Segenap Bapak/Ibu dosen Jurusan Kimia Univesitas Islam Negeri Walisongo Semarang yang telah memberikan dan membekali ilmu pengetahuan.
9. Sahabat-sahabat Kimia 2015 yang telah memberikan semangat selama penelitian dan semua pihak yang telah membantu terselesaikannya penulisan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Kepada semua pihak yang telah membantu, penulis tidak dapat memberikan apa-apa selain ucapan terima kasih. Ucapan terima kasih dengan tulus serta iringan doa, semoga Allah SWT senantiasa merahmati kita. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya, dan pembaca pada umumnya. Aamiin

Semarang, 18 Oktober 2019  
Penulis

**Mega Roikhanah Fauziyati**

NIM: 1508036009

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERSETUJUAN PEMBIMBING .....	iv
MOTTO.....	vi
ABSTRAK .....	vii
LITERASI ARAB LATIN.....	viii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	xii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	7
C. Tujuan .....	7
D. Manfaat.....	8
BAB II LANDASAN TEORI	
A. KAJIAN TEORI .....	9
1. Adsorpsi .....	9
2. Bentonit.....	17
3. Logam Tembaga (Cu).....	21
4. Instrumentasi.....	25
B. Kajian pustaka .....	43
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
A. Alat.....	49
B. Bahan.....	49
C. Prosedur Penelitian.....	49

a.	Aktivasi Adsorben.....	49
b.	Proses Kalsinasi .....	50
c.	Proses Uji Adsorpsi.....	50
d.	Penentuan waktu optimum .....	50
e.	Penentuan pH optimum .....	50
D.	Metode Analisa Data.....	51
1.	Uji FTIR.....	51
2.	Uji XRD .....	51
3.	Uji GSA.....	52
4.	Uji Kapasitas adsorpsi .....	53
BAB IV DESKRIPSI DAN ANALISIS DATA.....		54
A.	Deskripsi Data .....	54
B.	Aktivasi Bentonit.....	54
C.	Karakterisasi Bentonit .....	56
1.	Hasil Analisa FTIR .....	57
2.	Hasil Analisa XRD.....	61
3.	Hasil analisa GSA.....	66
D.	Kapasitas Adsorpsi .....	68
E.	Penentuan Waktu Optimum dan Kinetika Adsorpsi.....	70
F.	Penentuan pH Optimum.....	76
BAB V PENUTUP.....		77
A.	Kesimpulan .....	77
B.	Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA		
DAFTAR LAMPIRAN		
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Judul</b>	<b>Hal</b>
Gambar 2.1	Istilah dasar dalam adsorpsi	9
Gambar 2.2	Struktur kristal montmorillonit	18
Gambar 2.3	Kelarutan Cu(II) dalam air	21
Gambar 2.4	Diagram instrument AAS	28
Gambar 2.5	Skema alat spektrofotometer inframerah	32
Gambar 2.6	Spektra FTIR bentonit	33
Gambar 2.7	<i>Bond streaching</i>	34
Gambar 2.8	<i>Bond bending</i>	35
Gambar 2.9	Komponen utama pada XRD	38
Gambar 2.10	Difaktogram XRD bentonit	39
Gambar 4.1	Grafik hasil spektra FTIR bentonit tanpa aktivasi, bentonit teraktivasi KOH 6M, bentonit teraktivasi KOH 12M.	58
Gambar 4.2	Grafik pola XRD dari BTA, BTK 6M dan BTK 12 M	62
Gambar 4.3	Grafik penentuan waktu ptimum	71
Gambar 4.4	Grafik kurva kinetika pseudo orde satu pada adsorpsi bentonit teraktivasi KOH 6M terhadap ion Cu(II)	73
Gambar 4.5	Grafik kurva kinetika pseudo orde dua pada adsorpsi bentonit teraktivasi KOH 6M terhadap ion Cu(II)	74
Gambar 4.6	Grafik variasi pH dan % Cu(II)	76





## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Judul</b>	<b>Hal</b>
Gambar 2.1	Istilah dasar dalam adsorpsi	9
Gambar 2.2	Struktur kristal montmorillonit	18
Gambar 2.3	Kelarutan Cu(II) dalam air	21
Gambar 2.4	Diagram instrument AAS	28
Gambar 2.5	Skema alat spektrofotometer inframerah	32
Gambar 2.6	Spektra FTIR bentonit	33
Gambar 2.7	<i>Bond stretching</i>	34
Gambar 2.8	<i>Bond bending</i>	35
Gambar 2.9	Komponen utama pada XRD	38
Gambar 2.10	Difaktogram XRD bentonit	39
Gambar 4.1	Grafik hasil spektra FTIR bentonit tanpa aktivasi, bentonit teraktivasi KOH 6M, bentonit teraktivasi KOH 12M.	58
Gambar 4.2	Grafik pola XRD dari BTA, BTK 6M dan BTK 12 M	62
Gambar 4.3	Grafik penentuan waktu ptimum	71
Gambar 4.4	Grafik kurva kinetika pseudo orde satu pada adsorpsi bentonit teraktivasi KOH 6M terhadap ion Cu(II)	73
Gambar 4.5	Grafik kurva kinetika pseudo orde dua pada adsorpsi bentonit teraktivasi KOH 6M terhadap ion Cu(II)	74
Gambar 4.6	Grafik variasi pH dan % Cu(II)	76



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Judul</b>	<b>Hal</b>
Tabel 2.1	Perbedaan antara adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia	14
Tabel 2.2	Unsur-unsur kimia dalam bentonit	21
Tabel 2.3	Hasil analisa bentonit menggunakan SAA	42
Tabel 3.1	Daftar bilangan gelombang dan berbagai Jenis Ikatan	52
Tabel 4.1	Nilai serapan BTA dan BTK	59
Tabel 4.2	Hasil difaktogram bentonit	63
Tabel 4.3	Hasil analisa GSA adsorben	66
Tabel 4.4	Nilai kapasitas adsorpsi	69
Tabel 4.5	Orde pada variasi waktu kontak	74
Tabel 4.6	Kinetika adsorpsi	75



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Judul</b>	<b>Hal</b>
Tabel 2.1	Perbedaan antara adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia	14
Tabel 2.2	Unsur-unsur kimia dalam bentonit	21
Tabel 2.3	Hasil analisa bentonit menggunakan SAA	42
Tabel 3.1	Daftar bilangan gelombang dan berbagai Jenis Ikatan	52
Tabel 4.1	Nilai serapan BTA dan BTK	59
Tabel 4.2	Hasil difaktogram bentonit	63
Tabel 4.3	Hasil analisa GSA adsorben	66
Tabel 4.4	Nilai kapasitas adsorpsi	69
Tabel 4.5	Orde pada variasi waktu kontak	74
Tabel 4.6	Kinetika adsorpsi	75



## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>	<b>Judul</b>
Lampiran 1	Skema prosedur kerja
Lampiran 2	Gambar proses penelitian
Lampiran 3	Perhitungan kapasitas adsorpsi bentonit tanpa aktivasi, bentonit teaktivasi KOH 6M dan bentonit teraktivasi KOH 12M
Lampiran 4	Kinetika adsorpsi 6M
Lampiran 5	Penentuan pH optimum BTK 6M
Lampiran 6	Hasil Karakterisasi BTA, BTK 6M, BTK 12M





## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>	<b>Judul</b>
Lampiran 1	Skema prosedur kerja
Lampiran 2	Gambar proses penelitian
Lampiran 3	Perhitungan kapasitas adsorpsi bentonit tanpa aktivasi, bentonit teaktivasi KOH 6M dan bentonit teraktivasi KOH 12M
Lampiran 4	Kinetika adsorpsi 6M
Lampiran 5	Penentuan pH optimum BTK 6M
Lampiran 6	Hasil Karakterisasi BTA, BTK 6M, BTK 12M



# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Perkembangan industri yang cukup pesat di berbagai negara menyebabkan polusi industri meningkat pula. Oleh karena itu permasalahan limbah industri semakin berkembang menjadi permasalahan global yang serius. Hal ini mengakibatkan perlakuan dalam pengolahan limbah industri menjadi topik global karena limbah dari berbagai sumber dapat terakumulasi di tanah atau masuk ke dalam sistem perairan. Salah satu polutan yang banyak dijumpai pada limbah cair adalah ion logam berat, walaupun keberadaan logam tersebut tak selamanya berdampak buruk terhadap organisme di lingkungan. Pada konsentrasi tertentu logam berat dapat memacu pertumbuhan beberapa jenis fitoplankton, tetapi pada konsentrasi yang sama justru dapat mengakibatkan toksisitas pada jenis fitoplankton lainnya. Logam tembaga (Cu) merupakan salah satu logam berat yang diperlukan secara renik dan esensial bagi makhluk hidup. Tetapi jika jumlahnya berlebihan maka fungsinya akan berubah menjadi zat toksik didalam tubuh (Darmono, 1995). Cu merupakan logam berat dengan konsentrasi terbesar kelima dalam limbah industri setelah logam Fe, Cr, Sn, dan Zn kemudian diikuti oleh logam dengan konsentrasi yang lebih kecil, yaitu Ni, Mn, Pb, Cd, dan Ag (Venkatiswaran *et al.*, 2007).

Tahun 2050 di seluruh dunia akan terjadi peningkatan permintaan logam pada industri logam sebanyak lima kali dari saat ini. Permintaan logam seperti Au, Ag, Cu, Ni, Sn, Zn, Pb dan Sb akan lebih besar daripada Fe dan Pt (Halada *et al.*, 2008). Jika sesuai prediksi, maka proses industri membutuhkan jumlah logam yang sangat banyak sebagai bahan baku agar produksi dapat terus berjalan. Artinya limbah yang dihasilkan juga meningkat. Limbah industri yang tidak mengalami pengolahan terlebih dahulu akan menyebabkan pencemaran lingkungan, sehingga menyebabkan munculnya perumusan peraturan pemerintah melalui Kep-51/MENLH/10/1995 mengenai kualitas air limbah yang dikeluarkan oleh industri. Baku mutu limbah cair industri golongan 1 kandungan logam tembaga kurang dari 2 mg/L. Sumber utama penyumbang logam berat Cu adalah industri pelapisan logam (*plating*), pencampuran logam (*alloy*), baja, pewarna, kabel listrik, insektisida, jaringan pipa, dan cat (Venkatiswaran *et al.*, 2007).

Salah satu industri yang dapat menimbulkan pencemaran logam berat adalah industri pelapisan logam. Pengolahan industri cair dari industri pelapisan logam sampai saat ini belum berhasil dengan baik. Salah satu penyebabnya karena metode pengolahan yang banyak digunakan adalah metode lumpur aktif. Metode lumpur aktif adalah proses pengolahan air limbah dengan biakan mikroba tersuspensi (Biyatmoko dkk, 2012). Metode ini mempunyai kekurangan yaitu sulit diaplikasikan dibandingkan dengan metode pengolahan limbah yang lain karena memerlukan konsumsi energi yang tinggi untuk proses aerasi dan pengoperasiannya rumit (Sperling, 2007). Oleh karena itu,

perlu dikembangkan metode pengolahan limbah cair industri yang tepat.

Beberapa metode perlakuan untuk mengolah ion logam berat dalam limbah industri telah dilaporkan dalam beberapa pustaka (Gupta & Bhattacharayya, 2008). Metode tersebut adalah netralisasi, presipitasi, biosorpsi, adsorpsi dan pertukaran ion. Metode adsorpsi terbukti menjadi metode yang efektif untuk meminimalisir logam berat dalam air limbah industri, terutama untuk kadar logam berat yang rendah. Kelebihan metode ini adalah tergolong metode yang efisien, pengoperasiannya simpel dengan biaya operasional yang murah dan ramah lingkungan serta hasil yang diperoleh optimal. Hal ini didukung dengan penelitian Hanudin dkk (2014), pada penelitian ini digunakan material amorf sebagai adsorben untuk meminimalisir ion fosfat dengan metode adsorpsi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa efisiensi penyerapan ion fosfat mencapai lebih dari 98%.

Material dasar yang dapat di jadikan sebagai adsorben dalam metode adsorpsi antara lain karbon aktif (Meilita, 2003), zeolit, abu terbang batubara (Jiang *et al.*, 2018), *sargassum*, kaolin (Gupta & Bhatthacarayya, 2008), bentonit (Eren dan Afsin, 2007). Penyusun utama bentonit adalah silika dan alumina, kandungan lainnya yaitu Fe, Mg, Ca, Na, Ti, dan K. Kandungan silika yang ada dalam bentonit dapat dimanfaatkan sebagai bahan penyerap karena silika mempunyai fungsi sebagai penukar ion yang baik (Hardyanti dkk, 2017). Oleh sebab itu, bentonit cocok dimanfaatkan sebagai adsorben alternatif, karena biaya

yang dikeluarkan murah dan bentonit terdapat melimpah di alam (Roland, 2015). Bentonit yang tidak dimodifikasi memberikan hasil yang kurang maksimal sebagai aplikasi adsorben. Hal ini disebabkan karena sifat bentonit yang mudah menyerap air sehingga kurang stabil jika digunakan sebagai bahan penyerap (Wijaya, 2003). Kelemahan tersebut dapat diatasi melalui proses aktivasi menggunakan asam maupun basa, sehingga dihasilkan adsorben dengan kemampuan adsorpsi yang lebih tinggi. Beberapa penelitian tentang adsorben bentonit diantaranya adsorben dari bentonit digunakan sebagai adsorben ion logam Cd(II) yang diaktivasi menggunakan HCl (Nugraha dkk, 2017), ion logam Cu(II), Zn(II) dan Co (II) tanpa aktivasi (Kubilya *et al.*, 2006).

Kemampuan adsorpsi dapat ditingkatkan melalui proses karbonisasi dan aktivasi. Proses karbonisasi merupakan proses mengkonversi material organik menjadi arang dengan pemanasan tanpa kehadiran oksigen, sehingga senyawa-senyawa kompleks yang menyusun material organik terurai menjadi arang dengan kandungan unsur karbon yang tinggi (Fredina dkk, 2010). Aktivasi dilakukan untuk memperluas ukuran dan volume pori, serta membentuk pori yang baru. Aktivasi dapat dilakukan secara kimia dan fisika. Aktivasi secara kimia dapat dilakukan setelah proses karbonisasi, maupun bersamaan dengan proses karbonisasi, dimana adsorben dicampurkan dengan zat kimia dan dikarbonisasi pada temperatur 400-800° C (Montoya, 2014). Zat kimia yang dapat digunakan dalam aktivasi adalah asam ( $H_3PO_4$ ,  $H_2SO_4$ , HCl), zinc klorida ( $ZnCl_2$ ), alkali hidroksida (KOH, NaOH) dan karbonat

( $K_2CO_3$ ,  $Na_2CO_3$ ). Aktivasi secara kimia dapat membersihkan pengotor dari permukaan adsorben dan mengubah gugus aktif pada adsorben sehingga dapat meningkatkan selektifitas pada adsorben. Masing-masing jenis aktivator akan memberikan pengaruh yang berbeda-beda terhadap luas permukaan maupun volume pori-pori adsorben yang dihasilkan. Penggunaan aktivator KOH telah banyak digunakan dalam beberapa penelitian salah satunya sebagai aktivator karbon aktif biji Jamun (Araga *et al.*, 2017). KOH banyak dipilih digunakan sebagai aktivator yang efektif karena efektif untuk memperluas permukaan partikel pada material karbon (Basta *et al.*, 2009). Konsentrasi Aktivator merupakan faktor penting dalam aktivasi kimia. Hal ini dibuktikan dengan penelitian terdahulu, dimana telah disintesis karbon aktif kulit durian dengan Kalium Hidroksida (KOH) sebagai aktivator. Untuk melihat pengaruh konsentrasi aktivator KOH terhadap ukuran pori karbon aktif yang terbentuk dan kemampuan dalam mengadsorpsi logam Fe pada air gambut, sintesis karbon dilakukan dengan dua tahap yaitu tahap karbonisasi dengan suhu 400 °C selama 2 jam dan tahap aktivasi dengan suhu 800°C selama 2 jam. Sebelum diaktivasi, hasil karbonisasi kulit durian direndamkan dalam aktivator selama 24 jam dengan konsentrasi aktivator 5%, 10%, 15%, 20% dan 25%. Hasil karakterisasi didapatkan bahwa semakin besar konsentrasi aktivatornya, semakin besar juga ukuran pori (Ririn dkk., 2013).

Aktivasi secara fisika (aktivasi termal) adalah proses aktivasi yang melibatkan adanya gas pengoksidasi seperti udara pada temperatur rendah, uap,  $CO_2$ , atau aliran gas pada temperatur tinggi (Diao *et al.*,



2002). Proses aktivasi secara fisik bertujuan untuk menghilangkan molekul-molekul air serta zat-zat organik pengotor yang ada pada pori dan kerangka adsorben (Ackley *et al.*, 2003). Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan variasi penambahan konsentrasi aktivator KOH dengan tujuan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap karakteristik pori meliputi ukuran, distribusi, porositas pori adsorben. Selain itu juga dilakukan variasi waktu kontak antara adsorbat dengan adsorben yang dapat mempengaruhi proses adsorpsi. Hal ini dibuktikan dengan penelitian Candra pada tahun 2015 tentang pengaruh massa adsorben, lama kontak dan aktivasi adsorben menggunakan HCl terhadap efektivitas penurunan logam berat (Fe) dengan menggunakan abu layang sebagai adsorben. Peneliti menggunakan variasi waktu kontak yaitu 15, 30, 45, 60, 75, 90, dan 105 menit, hasil akhir yang diperoleh peneliti menunjukkan bahwa waktu kontak optimum terjadi pada menit ke 60. Hal ini ditandai dengan terjadinya kesetimbangan pada menit ke 60, 75, 90 dan 105 yang dapat dilihat dari grafik antara lama waktu kontak dengan %Fe. Dari hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu kontak yang terjadi pada suatu proses adsorpsi maka semakin banyak adsorbat yang teradsorpsi dengan adsorben. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan variasi waktu kontak dengan tujuan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan oleh adsorben untuk menyerap ion  $\text{Cu}^{2+}$  secara maksimum sampai tercapai keadaan setimbang menggunakan metode *batch*. Analisis Adsorben menggunakan spektrofotometer serapan atom, FTIR, XRD dan SAA untuk mengetahui karakter dari adsorben yang dihasilkan.

## **B. Perumusan Masalah**

1. Bagaimanakah pengaruh aktivasi bentonit terhadap karakteristik bentonit hasil aktivasi?
2. Berapakah konsentrasi aktivator terbaik pada adsorben bentonit?
3. Bagaimanakah pengaruh bentonit teraktivasi KOH terhadap kapasitas adsorpsi ion Cu(II)?
4. Berapakah waktu kontak optimum pada adsorben teraktivasi KOH?

## **C. Tujuan Penelitian**

1. Untuk mengetahui pengaruh aktivasi bentonit terhadap karakteristik bentonit hasil aktivasi.
2. Untuk mengetahui konsentrasi aktivator terbaik pada adsorben bentonit.
3. Untuk mengetahui pengaruh bentonit teraktivasi KOH terhadap kapasitas adsorpsi ion Cu(II).
4. Untuk mengetahui waktu kontak optimum pada adsorben teraktivasi KOH.

#### **D. Manfaat Penelitian**

Dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain dapat memberikan informasi tentang pemanfaatan bentonit teraktivasi sebagai adsorben yang dapat digunakan untuk meminimalisasi konsentrasi logam Cu(II) melalui mekanisme adsorpsi, sehingga bisa mengurangi pencemaran logam berat dalam sistem perairan akibat dari limbah cair industri.

## BAB II

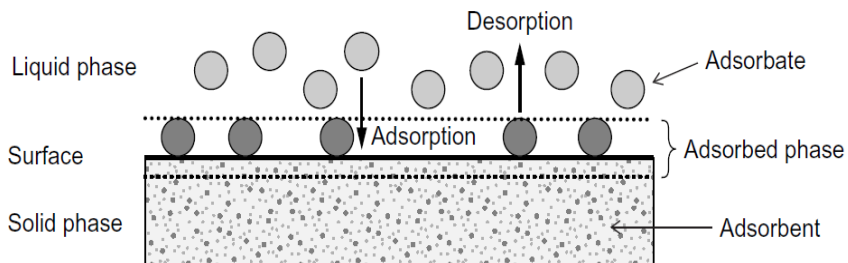
### LANDASAN TEORI DAN KAJIAN PUSTAKA

#### A. Deskripsi Teori

##### 1. Adsorpsi

###### 1.1 Definisi adsorpsi

Adsorpsi adalah proses pengumpulan substansi yang ada dalam larutan oleh permukaan zat atau benda penyerap dimana terjadi suatu ikatan kimia atau fisika antara substansi dengan zat penyerap. Adsorpsi terjadi karena molekul-molekul pada permukaan zat padat atau zat cair yang memiliki gaya tarik dalam keadaan tidak setimbang, yang cenderung tertarik kearah dalam atau gaya kohesi adsorben lebih besar dari pada gaya adhesinya. Ketidaksetimbangan gaya tarik tersebut menyebabkan adsorben cenderung menarik zat-zat lain yang bersentuhan dengan permukaannya (Alberty, 1990). Bahan padat yang menyediakan permukaan untuk adsorpsi disebut sebagai adsorbat (Eckhard, 2012).



**Gambar 2.1** Istilah dasar dalam adsorpsi (Eckhard, 2012).

## 1.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi

Adsorpsi dengan menggunakan permukaan padat berpori dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya sebagai berikut.

### 1. Ukuran molekul adsorbat

Molekul adsorbat yang dapat teradsorpsi adalah molekul adsorbat berdiameter sama atau lebih kecil dari diameter pori adsorben. Adsorpsi akan sulit terjadi jika ukuran molekul adsorbat lebih besar dari ukuran pori adsorben dan sebaliknya jika ukuran pori adsorben lebih besar dari ukuran molekul adsorbat, proses adsorpsi akan mudah terjadi (Wahyuni, 2010).

### 2. Luas permukaan adsorben

Luas permukaan spesifik (luas permukaan adsorben per massa adsorben) sangat mempengaruhi nilai kapasitas adsorpsi. Luas permukaan spesifik memiliki nilai yang sebanding dengan luas permukaan total pada adsorben. Semakin kecil ukuran partikel dan semakin berpori suatu material adsorben semakin meningkat nilai adsorpsi per satuan massa adsorben (Tutik, 2018).

### 3. Ukuran pori adsorben

Semakin besar ukuran pori adsorben, maka semakin besar adsorbat yang teradsorpsi (Ririn dkk, 2013).

### 4. pH

Pada pH asam menyebabkan konsentrasi ion  $H^+$  meningkat, sehingga akan terjadi kompetisi antara ion-ion  $H^+$  dan ion logam

untuk bertukar tempat dengan kation lain pada adsorben. Adanya kompetisi antara ion  $H^+$  dengan ion logam tersebut menyebabkan rusaknya struktur karena adanya kompetisi pertukaran ion sehingga menyebabkan penurunan kapasitas adsorpsi terhadap ion logam. Sedangkan pada pH basa dapat menyebabkan semakin banyak logam hidroksida mengendap dan mengurangi ion logam dari larutan adsorbat. Selain itu, pada kondisi pH basa menyebabkan kompetisi ion  $H^+$  sebagai kompetitor ion logam akan menurun karena larutan bersifat basa. Dengan menurunnya ion  $H^+$  ini maka ion logam dapat teradsorpsi secara maksimal (Wahyuni,2010).

#### 5. Pengadukan

Kecepatan adsorpsi dipengaruhi oleh difusi film dan difusi pori tergantung dari kecepatan pengadukan dalam sistem. Bila kecepatan pengadukan yang dilakukan relatif kecil, maka proses adsorpsi hanya akan terjadi hingga tahap difusi film, sedangkan bila kecepatan pengadukan yang dilakukan relatif besar, maka proses adsorpsi terjadi hingga tahap difusi pori (Wahyuni, 2010).

#### 6. Temperatur

Pada adsorpsi fisika umumnya terjadi pada temperatur dibawah titik didih adsorbat, sehingga semakin tinggi temperatur menyebabkan kapasitas adsorpsi semakin menurun, karena semakin tinggi temperatur proses desorpsi semakin mudah terjadi. Sebaliknya pada adsorpsi kimia, jumlah adsorbat yang

diadsorpsi bertambah dengan naiknya temperatur adsorbat (Wahyuni, 2010).

#### 7. Waktu kontak

Semakin lama waktu kontak antara partikel yang diadsorpsi dengan partikel pengadsorpsi, maka kemungkinan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat juga berlangsung lebih baik (Rosalina dkk, 2017).

### 1.3 Klasifikasi adsorpsi

Secara umum tipe adsorpsi berdasarkan jenis ikatan yang terlibat antara permukaan adsorben dengan adsorbat, diklasifikasikan sebagai berikut:

#### 1. Adsorpsi fisika

Dalam adsorpsi fisika (*physisorption*) tidak terjadi pertukaran elektron, hanya terjadi gaya tarik menarik antar molekul. Sehingga dalam adsorpsi fisika tidak bergantung pada sifat-sifat elektronik dari molekul-molekul yang terlibat. *Physisorption* ditandai oleh energi interaksi yang sebanding dengan panas penguapan (kondensasi). Adsorbat ditahan ke permukaan adsorben oleh gaya van der Waals yang relatif lemah dan ketika terjadi peningkatan temperatur maka akan terbentuk beberapa lapisan pada permukaan adsorben. Temperatur adsorpsi untuk *Physisorption* paling banyak hanya beberapa kkal/mol, oleh karena itu jenis adsorpsi tipe ini akan stabil pada temperatur dibawah 150°C (Vassilis and Stavros, 2006).

## 2. Adsorpsi kimia

Adsorpsi kimia merupakan adsorpsi yang terjadi karena adanya reaksi antara molekul-molekul adsorbat dengan permukaan adsorben dan terbentuknya ikatan kimia. Gaya ikat adsorpsi kimia bervariasi dan bergantung pada zat yang bereaksi. Ikatan kimia tersebut yakni ikatan hidrogen, kovalen dan ionik. Akibat adanya ikatan kimia yang cukup kuat, maka ketika permukaan adsorben sudah tertutupi oleh adsorbat, adsorbat hanya teradsorpsi pada lapisan pertama meskipun dilakukan peningkatan temperatur dan konsentrasi (Alberty, 1990).



**Tabel 2.1** Perbedaan antara adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia

No	Parameter	Adsorpsi fisika	Adsorpsi kimia
1	Adsorben	Semua jenis	Terbatas
2	Adsorbat	Semua gas	Kecuali gas mulia
3	Entalpi Adsorpsi	Kecil ( $\Delta H_{ad} < 20,92$ kJ.mol <sup>-1</sup> )	Cukup besar ( $\Delta H_{ad} > 20,92$ kJ.mol <sup>-1</sup> )
4	Jenis Ikatan	Fisika	Kimia
5	Temperatur Operasi	Terjadi hanya pada temperatur di bawah titik didih adsorbat	Dapat terjadi pada temperatur tinggi
6	Energi Aktivasi	Kurang dari 1 kkal/g mol	10-60 kkal/g mol
7	Reversibilitas	Reaksi <i>reversible</i>	Reaksi <i>irreversible</i>
8	Tebal Lapisan	Multilayer	Monolayer
9	Kecepatan Adsorpsi	Besar	Kecil
10	Jumlah Zat Teradsorpsi	Sebanding dengan kenaikan tekanan	Sebanding dengan banyaknya inti aktif adsorben yang dapat bereaksi dengan adsorbat

(Wahyuni, 2010)

#### 1.4 Sistem Adsorpsi *Batch*

Sistem ini digunakan untuk menggambarkan kemampuan dari adsorben dalam mengadsorpsi suatu adsorbat, dengan cara menambahkan jumlah padatan (adsorben) kedalam larutan adsorbat yang mengandung konsentrasi tetap. Campuran yang dihasilkan kemudian dikocok pada selang waktu tertentu hingga tercapai keadaan tetap atau mengalami kesetimbangan (Yates *et al.*, 1987).

Metode *batch* ini termasuk dalam kategori reaksi reversibel (Schijven and Hassanizadah, 2000). Beberapa faktor yang mempengaruhi metode *batch* adalah jenis dan ukuran wadah, jenis pengocokan untuk mencapai keadaan sempurna, rasio massa adsorben, volume larutan adsorbat, bentuk permukaan dan ukuran pori adsorben serta waktu kontak adsorben dengan larutan adsorbat (Sadeghi *et al.*, 2013).

Banyaknya adsorbat logam yang terserap oleh adsorben dapat dinyatakan sebagai kapasitas adsorpsi dengan persamaan berikut (Vajihe *et al.*, 2019) :

$$q = \frac{(C_o - C_e)V}{m} \quad (2.1)$$

dengan:

$C_o$  = Konsentrasi awal ( $\text{mg.L}^{-1}$ )

$C_e$  = Konsentrasi saat tercapai kondisi kesetimbangan ( $\text{mg.L}^{-1}$ )

$V$  = Jumlah volume larutan adsorbat yaitu  $\text{Cu}^{2+}$  (L)

$m$  = Massa adsorben teraktivasi (g)

Persentasi logam ion  $\text{Cu}^{2+}$  yang hilang dari larutan adsorbat setelah adsorpsi dapat dinyatakan sebagai efisiensi penghilangan adsorbat logam Cu(II) oleh adsorben dengan persamaan di bawah ini (Vajihe *et al.*, 2019):

$$\text{Efisiensi Penghilangan (\%)} = \frac{(C_o - C_e)}{C_o} \times 100\% \quad (2.2)$$

dengan:

$C_o$  = Konsentrasi awal ( $\text{mg.L}^{-1}$ )

$C_e$  = Konsentrasi saat tercapai kondisi kesetimbangan ( $\text{mg.L}^{-1}$ )

### 1.5 Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi digunakan untuk memahami dinamika adsorpsi terkait seberapa besar laju adsorpsi suatu adsorbat oleh suatu adsorben. Rumusan kinetika adsorpsi diadopsi dari rumusan kinetika reaksi secara umum. Adsorpsi yang hanya ditentukan oleh proporsi adsorben dengan orde satu secara umum disebut memiliki orde satu semu (*pseudo first-order*). Persamaan kinetika orde satu semu (persamaan 2.3) yang populer dinyatakan oleh Lagergen (1982) dalam persamaan sebagai berikut :

$$dq_t/dt = k_1(q_e - q_t) \quad (2.3)$$

Dengan  $q_e$  dan  $q_t$  berturut-turut adalah jumlah adsorbat yang teradsorpsi ( $\text{mg.g}^{-1}$ ) pada keadaan kesetimbangan dan pada saat  $t$  (menit/detik/jam) dan  $k_1$  adalah konstanta adsorpsi orde satu semu. Penurunan integral dari persamaan tersebut pada batas kondisi  $t=0$  dan  $t$  akan memberikan persamaan berikut (2.4):

$$\log(q_e/(q_e - q_t)) = k_1/2,303t \quad (2.4)$$

dan dapat disusun ulang menjadi (2.5):

$$\log(q_e - q_t) = \log(q_e - k_1)/2,303t \quad (2.5)$$

## Kinetika Orde Dua Semu (*Pseudo Second Order*)

Kinetika adsorpsi orde dua semu adalah model kinetika adsorpsi yang banyak dilaporkan kesesuaiannya dengan material adsorben berbasis clay yang terkait dengan kemampuan material lempung mengadakan interaksi dengan adsorbat tidak hanya secara fisik namun juga secara kimiawi. Persamaan kinetika adsorpsi orde dua semu dinyatakan dalam persamaan berikut (persamaan 2.6):

$$dq_t/dt = k(q_e - q_t)^2 \quad (2.6)$$

Dengan  $q_e$  dan  $q_t$  berturut-turut adalah jumlah adsorbat yang teradsorpsi ( $mg.g^{-1}$ ) pada keadaan kesetimbangan dan pada saat  $t$  (menit/detik/jam) dan  $k$  adalah konstanta laju adsorpsi ( $g\ mg^{-1}\ men^{-1}$ ). Penurunan persamaan tersebut dengan mengambil keadaan pembatas  $t=0$  dan sembarang waktu  $t$  menjadi (persamaan 2.7):

$$\frac{1}{q_e - q_t} = \frac{1}{q_e} kt \quad (2.7)$$

## 2. Bentonit

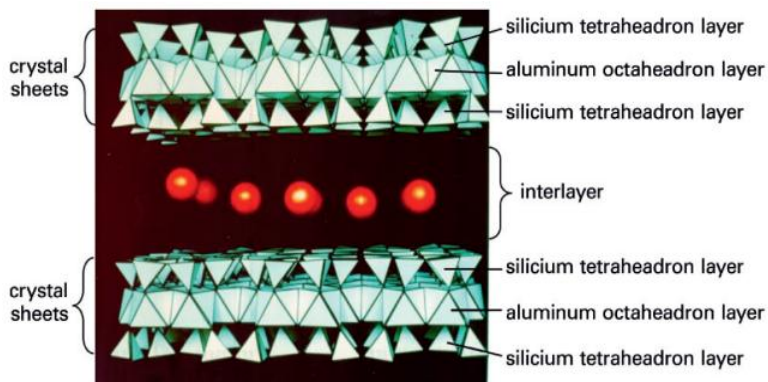
### 2.1 Definisi Bentonit

Bentonit merupakan tanah liat yang sebagian besar terdiri dari mineral tanah liat dan dipengaruhi oleh sifat fisiknya. Tanah liat adalah tanah sedimen tanpa adanya kandungan semen didalamnya, yang terdiri dari partikel mineral dengan ukuran  $< 20\ \mu m$  ( $=0,02\ mm$ ). Komponen utama dari bentonit adalah mineral montmorillonit

(60-80%), kemudian mineral lainnya adalah feldspar, quartz, mica, illite atau karbonat (Grim *et al.*, 1978). Mineral montmorillonit merupakan ciri khas daripada bentonit. Montmorillonit yang mempunyai kadar >50% maka dapat disebut sebagai bentonit, sedangkan montmorillonit dengan kadar <50% hanya disebut sebagai tanah liat yang mengandung mineral tinggi (Steffen *et al.*, 2017).

### a. Struktur Bentonit

Montmorillonit termasuk dalam kelompok mineral tiga lapis, dimana struktur kristalnya terdiri dari satu lapisan oktahedral  $AlO_6$  dan dua lapisan tetrahedral  $SiO_4$ . Diantara lapisan tetrahedral dan oktahedral terdapat lapisan interlayer, dimana lapisan ini terdiri dari kation monovalent maupun bivalent, seperti  $Na^+$ ,  $Mg/Ca^{2+}$  (Steffen *et al.*, 2017). Rumus umum montmorillonit yaitu  $(M^{+}_x nH_2O)(Al_{2-y}Mg_x)Si_4O_{10}(OH)_2$ , dimana  $M^+$  adalah  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ , atau  $Ca^{2+}$  (Brindley & Brown, 1980).



**Gambar 2.2** Struktur kristal montmorillonit (Steffen *et al.*, 2017)

## 2.2 Jenis-jenis Bentonit

Berdasarkan jenisnya, bentonit terbagi menjadi dua yaitu:

### 1). Na-Bentonit- *Swelling* Bentonit (Tipe *Wyoming*)

Na Bentonit ketika dalam air akan terdispersi dan memiliki daya mengembang hingga 8 kali. Dalam keadaan kering berwarna putih atau krem, pada keadaan basah dan terkena sinar matahari akan berwarna mengkilap. Perbandingan soda dan kapur tinggi, suspensi koloidal mempunyai pH: 8,5-9,8, tidak dapat diaktifkan, posisi pertukaran diduduki oleh ion-ion sodium ( $\text{Na}^+$ ). Kandungan  $\text{Na}_2\text{O}$  dalam natrium bentonit umumnya lebih besar dari 2%. Karena sifat-sifat tersebut maka mineral ini sering dipergunakan untuk lumpur pemboran, penyumbat kebocoran bendungan pada teknik sipil, bahan pencampur pembuatan cat, bahan baku farmasi, dan perekat pasir cetak pada industri pengecoran logam (Porta, 2011 dan Supeno, 2009).

### 2). Ca- Bentonit- *Non Swelling* Bentonit

Tipe bentonit ini kurang mengembang apabila dicelupkan ke dalam air, dan tetap terdispersi di dalam air, tetapi secara alami atau setelah diaktifkan mempunyai sifat menghisap yang baik. Perbandingan kandungan Na dan Ca rendah, suspensi koloidal memiliki pH 4-7. Ion-ion seperti ion kalsium dan magnesium memiliki posisi pertukaran ion lebih banyak. Proses pemurnian minyak menggunakan bentonit perlu diaktivasi terlebih dahulu untuk mendapatkan hasil yang optimal. Bentonit

jenis ini sangat baik digunakan sebagai lempung pemucat warna pada minyak kelapa (Porta, 2011 dan Supeno, 2009).

Dari kedua jenis bentonit diatas, sifat penyerapan dan pengembangan dalam air yang baik dimiliki oleh Na bentonit karena Ion  $\text{Na}^+$  cenderung lebih kuat terhidrasi daripada ion  $\text{Ca}^{2+}$ . Disamping itu, Na bentonit memiliki kapasitas penyerapan air sebesar 600-700 %, sedangkan Ca bentonit hanya sebesar 200-300% (Geil, 1987).

### **2.3 Sifat Fisika dan Kimia Bentonit**

Bentonit terasa berminyak dan seperti sabun ketika disentuh (Bates & Jackson, 1987). Bentonit yang masih baru berwarna pucat dengan kenampakan putih, hijau muda, kelabu hingga merah muda dan menjadi krem bila lapuk yang kemudian berubah menjadi kuning, merah coklat hingga hitam (Parker, 1988). Sifat khusus bentonit yaitu memiliki kemampuan untuk membentuk gel *thixotropic* dengan air, memiliki kapasitas tukar kation yang tinggi. Sifat fisik lainnya berupa massa jenis 2,2-2,8 g/L; indeks bias 1,547-1,557; dan titik lebur 1330-1430 °C (Jhonstone, 1961).

Bentonit termasuk mineral yang memiliki gugus aluminosilikat. Unsur-unsur kimia yang terkandung dalam bentonit diperlihatkan pada tabel 2.2 berikut ini.

**Tabel 2.2** Unsur-unsur kimia dalam bentonit

<b>Senyawa</b>	<b>Na-Bentonit (%)</b>	<b>Ca-Bentonit (%)</b>
SiO <sub>2</sub>	61,3-61,4	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, 2005)

### 3. Logam Tembaga (Cu)

#### 3.1 Identifikasi Kimia Logam Cu

Tembaga (Cu) mempunyai nomor atom 29, diklasifikasikan sebagai logam dalam tabel unsur periodik. Unsur Cu dianggap sebagai logam semimulia. Massa atom 63,546, titik lebur 1083°C, titik didih 2310°C, jari- jari atom 1,173 Å dan jari-jari ion Cu<sup>2+</sup> 0.96 Å. (Suhendrayatna, 2001). Tembaga merupakan unsur pertama dari golongan IB dalam tabel periodik dan mempunyai empat keadaan oksidasi : Cu(0), Cu(I), C(II), dan Cu(III). Tembaga mempunyai sifat yang sama yaitu mempunyai sifat konduktivitas yang baik dan mudah ditemukan di alam dalam bentuk unsur. Tembaga mempunyai konduktivitas termal yang tinggi, konduktivitas listrik yang tinggi, mudah ditempa, tahan terhadap korosi (Tuddenham, 1978).



### 3.2 Sifat Fisik dan Kimia Logam Cu

Tembaga tidak akan larut dalam asam kecuali jika ada zat pengoksidasi, akan tetapi mudah larut dalam asam sulfat encer (Hawley, 1981). Tembaga larut dalam amonia dengan adanya udara, membentuk ion kompleks amonium tembaga  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$  (Cotton and Wilkinson, 1980). Tembaga akan berwarna hijau ketika terkena udara yang lembab (Windholz, 1983).

$\text{Cu}(\text{II})$  merupakan keadaan oksidasi tembaga yang umumnya ditemui dalam air (Cotton dan Wilkinson 1980). Ion tembaga dikoordinasikan dengan enam molekul air dalam larutan, susunan molekul air yang terdistorsi karena ada molekul yang terikat erat dengan tembaga membentuk struktur planar sementara dua lainnya lebih terikat longgar (Cotton dan Wilkinson, 1980). Kebanyakan senyawa dan kompleks tembaga adalah berwarna biru atau hijau dan larut dalam air.

### 3.3 Pengaruh Logam Cu terhadap Lingkungan

Logam Cu dapat masuk ke dalam semua strata lingkungan, apakah itu pada strata perairan, tanah ataupun udara (lapisan atmosfer). Tembaga yang masuk ke dalam strata lingkungan dapat datang dari bermacam-macam sumber. Tetapi sumber-sumber masukan logam Cu ke dalam strata lingkungan yang umum dan diduga paling banyak adalah kegiatan-kegiatan perindustrian, kegiatan rumah tangga dan dari pembakaran serta mobilitas bahan-bahan bakar (Palar, 2008).

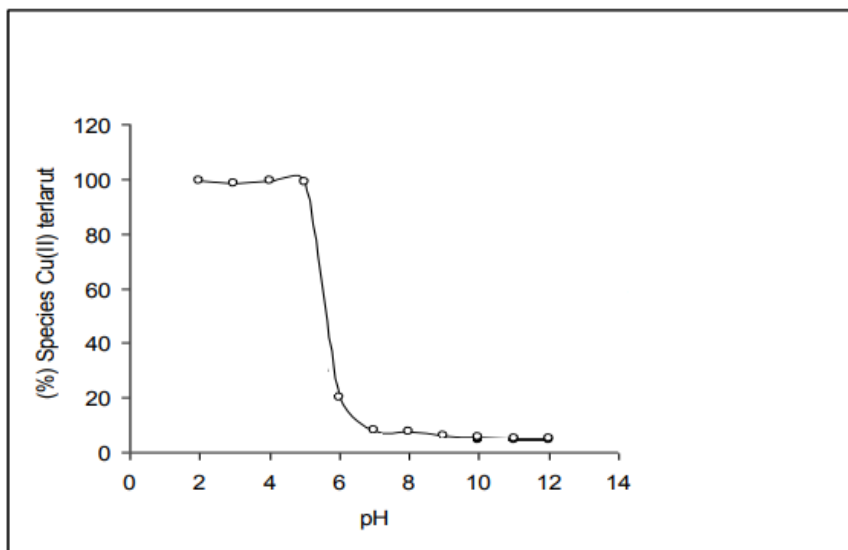
Logam Cu dapat masuk ke dalam perairan secara alamiah maupun efek samping dari kegiatan manusia, secara alamiah Cu masuk ke dalam perairan dari peristiwa erosi, pengikisan batuan ataupun dari atmosfer yang dibawa turun oleh air hujan. Sedangkan dari aktifitas manusia seperti industri, pertambangan Cu, maupun industri galangan kapal beserta kegiatan di pelabuhan merupakan salah satu jalur yang mempercepat terjadinya peningkatan kelarutan Cu dalam perairan. Logam Cu termasuk logam berat esensial, jadi meskipun beracun tetapi sangat dibutuhkan manusia dalam jumlah yang kecil. Toksisitas yang dimiliki Cu akan terjadi ketika Cu masuk ke dalam tubuh organisme dalam jumlah melebihi nilai toleransi organisme terkait (Palar, 2008). Keracunan kronis pada manusia akibat Cu yang tertimbun didalam hati sehingga menyebabkan terjadinya hemolisis. Hemolisis ini terjadi ketika  $H_2O_2$  tertimbun didalam sel darah merah sehingga terjadi oksidasi dari lapisan sel yang mengakibatkan sel menjadi pecah (Darmono, 1995).

Logam berat adalah polutan yang memberikan dampak signifikan bagi kesehatan makhluk hidup. Keberadaan beberapa senyawa logam berat dalam lingkungan perairan perlu diperhatikan karena sifat racun yang dimilikinya. Logam berat seperti merkuri (Hg), kadmium (Cd), nikel (Ni), kromium (Cr), selenium (Se), timbal (Pb), dan tembaga (Cu) sangat beracun karena logam berat tersebut tidak dapat terdegradasi dan dapat mengalami biokonsentrasi, dan bioakumulasi serta biomagnifikasi dalam vegetasi, hewan, ikan, dan kerang-kerangan, bahkan manusia sebagai rantai makanan tertinggi.

Logam Cu secara statistik terbukti mempunyai efek akut terhadap manusia dengan merusak sistem saraf, pernafasan, dan kulit serta bersifat karsinogenik. Logam berat dalam bentuk garamnya dapat berikatan dengan sisi aktif protein ataupun jaringan biologis yang dapat menyebabkan bioakumulasi dan menghambat kegiatan ekskresi (Syracuse, 1990).

### 3.4 Kelarutan Logam Cu(II)

Kelarutan logam Cu(II) pada berbagai pH dalam air dapat dilihat pada gambar 2.3 dibawah ini (Andreas, 2006):



**Gambar 2.3** Kelarutan Cu(II) dalam media air

Gambar 2.3 menunjukkan spesies Cu(II) larut pada  $\text{pH} \leq 5$  karena ion logam Cu(II) dalam air terdapat dalam bentuk kation bebas dan/ion-ion kompleks  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$  yang larut dalam air. Pada

$6 < \text{pH} < 7$ , Cu(II) yang terlarut dalam medium air hanya sebagian kecil (8%). Pada  $\text{pH} > 7$  semua logam Cu(II) telah mengendap sebagai  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ . Mengingat  $K_{\text{sp}} \text{Cu}(\text{OH})_2 = [\text{Cu}^{2+}][\text{OH}^-]^2 = [\text{Cu}^{2+}][K_w/[\text{H}^+]]^2 = 2,6 \times 10^{-19}$  dengan asumsi  $K_w = 10^{-14}$ , maka secara teoritis pada  $\text{pH} \geq 5,23$  akan terjadi pengendapan sebagai  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ .

#### 4. Instrumentasi

##### 4.1 Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Spektrofotometri Serapan Atom atau yang selanjutnya di sebut dengan SSA adalah Proses penyerapan energi radiasi oleh atom-atom yang berada pada tingkat energi dasar (*ground state*). Penyerapan tersebut akan menyebabkan tereksitasinya elektron dalam kulit atom ke tingkat energi yang lebih tinggi. Keadaan ini bersifat labil, elektron akan kembali ke tingkat energi dasar sambil mengeluarkan energi yang berbentuk radiasi. Atom yang berada dalam SSA, bebas berinteraksi dengan berbagai bentuk energi seperti energi panas, energi elektromagnetik, energi kimia dan energi listrik. Interaksi ini menimbulkan proses-proses dalam atom bebas yang menghasilkan absorpsi dan emisi (pancaran) radiasi dan panas. Radiasi yang dipancarkan bersifat khas karena mempunyai panjang gelombang yang karakteristik untuk setiap atom bebas (Basset, 1994).

SSA merupakan teknik analisis kuantitatif dari unsur-unsur yang pemakaiannya sangat luas, diberbagai bidang karena prosedurnya selektif, spesifik, biaya analisa relatif murah, sensitif tinggi (ppm-ppb), dapat dengan mudah membuat matriks yang

sesuai dengan standar, waktu analisa sangat cepat dan mudah dilakukan. Analisis SSA pada umumnya digunakan untuk menganalisa suatu unsur. Teknik SSA menjadi alat yang canggih dalam analisis dan banyak diminati dalam pilihan metode analisa. Hal ini disebabkan karena sebelum pengukuran tidak selalu memerlukan pemisahan unsur yang ditentukan karena kemungkinan penentuan satu logam unsur dengan kehadiran unsur lain dapat dilakukan, asalkan katoda berongga yang diperlukan tersedia. Sebanyak 61 logam dapat diukur menggunakan SSA. Sumber cahaya pada AAS adalah sumber cahaya dari lampu katoda yang berasal dari unsur yang sedang diukur kemudian akan dilewatkan ke dalam nyala api yang berisi sampel yang telah teratomisasi, kemudian radiasi tersebut diteruskan ke detektor melalui monokromator. Chopper digunakan untuk membedakan radiasi yang berasal dari nyala api. Detektor akan menolak arah searah arus (DC) dari emisi nyala dan hanya mengukur arus bolak-balik dari sumber radiasi atau sampel. Atom dari suatu unsur pada keadaan dasar akan dikenai radiasi maka atom tersebut akan menyerap energi dan mengakibatkan elektron pada kulit terluar naik ke tingkat energi yang lebih tinggi atau tereksitasi. Atom-atom dari sampel akan menyerap sebagian sinar yang dipancarkan oleh sumber cahaya. Penyerapan energi cahaya terjadi pada panjang gelombang tertentu sesuai dengan energi yang dibutuhkan oleh atom tersebut (Basset, 1994).

Spektrofotometri ini bekerja berdasarkan penyerapan sinar oleh larutan. Menurut sejarahnya, alat ini disebut sebagai

*calorimeter*, digunakan khusus untuk larutan-larutan berwarna. Adsorpsi sinar oleh larutan dapat diamati dari perubahan intensitas cahaya sebelum dan sesudah melewati larutan sampel. Ternyata adsorpsi cahaya berbanding lurus dengan konsentrasi larutan yang dilewatinya. Hubungan adsorpsi-konsentrasi yang disebut hukum Lambert-Beer secara matematis dinyatakan dalam persamaan dibawah ini:

$$A = \epsilon c l \quad (2.3)$$

Dalam persamaan linier ini,  $A$  adalah absorbansi (serapan) radiasi pada panjang gelombang tertentu, yang dinyatakan sebagai  $\log(I_0/I)$ ,  $\epsilon$  adalah konstanta proporsi (*molar absorptivity*),  $c$  adalah konsentrasi larutan yang menyerap cahaya, sedangkan  $l$  adalah panjang jalan yang ditempuh cahaya.  $I$  dan  $I_0$  masing-masing adalah intensitas cahaya sebelum dan sesudah melewati larutan yang diukur. Perbandingan  $I_0/I$  menunjukkan berapa banyak sinar diserap dan berapa besar yang ditransmisikan (dinyatakan dalam %T). Jadi,  $A$  berbanding terbalik dengan  $T$ , seperti dalam persamaan dibawah ini:

$$A = -\log\%T/100 \quad (2.4)$$

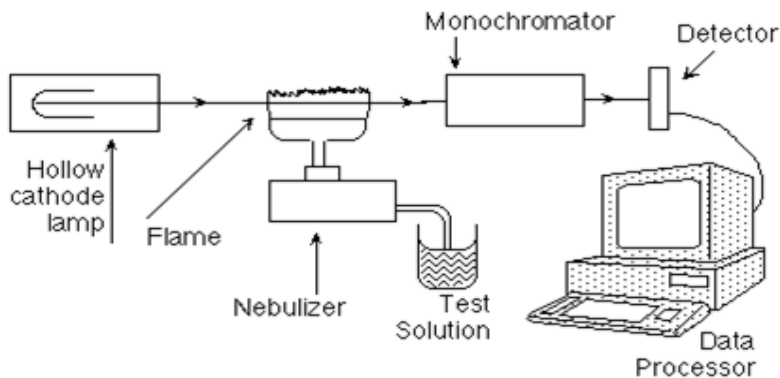
Hukum Lambert-Beer hanya berlaku untuk larutan-larutan encer (konsentrasinya rendah), jadi pada daerah diteksi yang sempit. Di luar itu hubungan adsorpsi-konsentrasi menjadi tidak linier lagi. Pada daerah linier inilah, konsentrasi suatu zat dalam larutan dapat

ditentukan bila absorpsinya pada panjang gelombang tertentu diketahui. Untuk ini diperlukan beberapa larutan baku, yaitu larutan zat yang sama dengan analit yang konsentrasinya diketahui dengan pasti, lalu dibuat grafik  $A$  versus  $c$  yang menghasilkan garis linier  $g$ .

Persamaan garis  $g$  dapat dicari dan dihitung secara statistik dengan memasukkan nilai-nilai  $c$  dan  $A$  larutan standar ke dalam program regresi linier. Maka akan dihasilkan persamaan dibawah ini:

$$C = aA + b \quad (2.5)$$

Persamaan diatas identik dengan persamaan  $y=ax+ b$ . Dengan demikian, bila absorpsi sampel diketahui maka konsentrasinya dapat dihitung (Arif, 2017).



**Gambar 2.4** Diagram instrumen SSA

Bagian-bagian SSA adalah sebagai berikut (Day, 1986).

### 1). Lampu katoda

Lampu katoda merupakan sumber cahaya pada SSA. Lampu katoda memiliki masa pakai atau umur pemakaian selama 1000 jam. Lampu katoda pada setiap unsur yang akan diuji berbeda-beda tergantung unsur yang akan diuji, seperti lampu katoda Cu, hanya bisa digunakan untuk pengukuran unsur Cu. Lampu katoda terbagi menjadi dua macam, yaitu :

- a. Lampu katoda monologam: digunakan untuk mengukur 1 unsur.
- b. Lampu katoda multilogam: digunakan untuk pengukuran beberapa logam sekaligus.

## **2). Tabung gas**

Tabung gas pada SSA yang digunakan merupakan tabung gas yang berisi gas asetilen. Gas asetilen pada SSA memiliki kisaran suhu  $\pm 20000$  K, dan ada juga tabung gas yang berisi gas  $N_2O$  yang lebih panas dari gas asetilen, dengan kisaran suhu  $\pm 30000$  K. Regulator pada tabung gas asetilen berfungsi untuk pengaturan banyaknya gas yang akan dikeluarkan, dan gas yang berada di dalam tabung. Spedometer pada bagian kanan regulator merupakan pengatur tekanan yang berada di dalam tabung. Gas ini merupakan bahan bakar dalam Spektrofotometri Serapan Atom.

## **3). Burner**



Burner merupakan bagian paling terpenting di dalam main unit, karena burner berfungsi sebagai tempat pancampuran gas asetilen, dan aquabides, agar tercampur merata, dan dapat terbakar pada pemantik api secara baik dan merata. Lobang yang berada pada burner, merupakan lobang pemantik api.

#### **4). Monokromator**

Berkas cahaya dari lampu katoda berongga akan dilewatkan melalui celah sempit dan difokuskan menggunakan cermin menuju monokromator. Monokromator dalam alat AAS akan memisahkan, mengisolasi dan mengontrol intensitas energi yang diteruskan ke detektor. Monokromator yang biasa digunakan ialah monokromator *difraksi grating*.

#### **5). Detektor**

Detektor merupakan alat yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik, yang memberikan suatu isyarat listrik berhubungan dengan daya radiasi yang diserap oleh permukaan yang peka. Fungsi detektor adalah mengubah energi sinar menjadi energi listrik, dimana energi listrik yang dihasilkan digunakan untuk mendapatkan data. Detektor AAS tergantung pada jenis monokromatornya, jika monokromatornya sederhana yang biasa dipakai untuk analisa alkali, detektor yang digunakan adalah *barrier layer cell*. Tetapi pada umumnya yang digunakan adalah detektor *photomultiplier tube*. *Photomultiplier tube* terdiri dari katoda yang dilapisi senyawa yang bersifat peka cahaya dan suatu anoda yang mampu mengumpulkan elektron. Ketika foton

menumbuk katoda maka elektron akan dipancarkan, dan bergerak menuju anoda. Antara katoda dan anoda terdapat dinoda-dinoda yang mampu menggandakan elektron. Sehingga intensitas elektron yang sampai menuju anoda besar dan akhirnya dapat dibaca sebagai sinyal listrik. Untuk menambah kinerja alat maka digunakan suatu mikroprosesor, baik pada instrumen utama maupun pada alat bantu lain seperti autosampler.

#### **6). Sistem pembacaan**

Sistem pembacaan merupakan bagian yang menampilkan suatu angka atau gambar yang dapat dibaca oleh mata.

#### **7). Ducting**

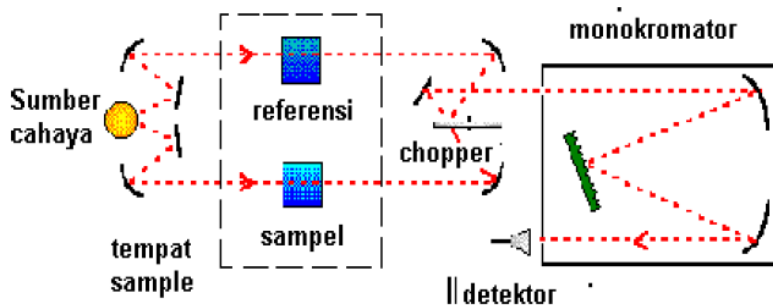
*Ducting* merupakan bagian cerobong asap untuk menyedot asap atau sisa pembakaran pada SSA yang langsung dihubungkan pada cerobong asap bagian luar pada atap bangunan, agar asap yang dihasilkan oleh SSA tidak berbahaya bagi lingkungan sekitar. Asap yang dihasilkan dari pembakaran pada spektrofotometri serapan atom (SAA) diolah sedemikian rupa di dalam *ducting* agar asap yang dihasilkan tidak berbahaya.

### **4.2 Spektrofotometri Infra Merah**

Spektrofotometer FTIR merupakan salah satu alat yang dapat digunakan untuk identifikasi senyawa khususnya senyawa organik dengan membandingkan daerah sidik jarinya (Bruce, 2001). Radiasi inframerah mengandung beberapa range frekuensi tetapi tidak dapat dilihat oleh mata. Pengukuran pada spektrum inframerah dilakukan pada daerah cahaya inframerah tengah (*mid-infrared*)

yaitu pada panjang gelombang 2,5-50  $\mu\text{m}$  atau bilangan gelombang 4000-200  $\text{cm}^{-1}$ . Energi yang dihasilkan oleh radiasi ini akan menyebabkan vibrasi atau getaran pada molekul. Pita absorpsi inframerah sangat khas dan spesifik untuk setiap tipe ikatan kimia atau gugus fungsi (Silverstein *et al*, 1967).

Sumber cahaya yang umum digunakan adalah lampu tungsten, Narnst glowers, atau glowbars. Dispersi spektrofotometer inframerah menggunakan monokromator, yang berfungsi untuk menyeleksi panjang gelombang (Dachriyanus, 2004).

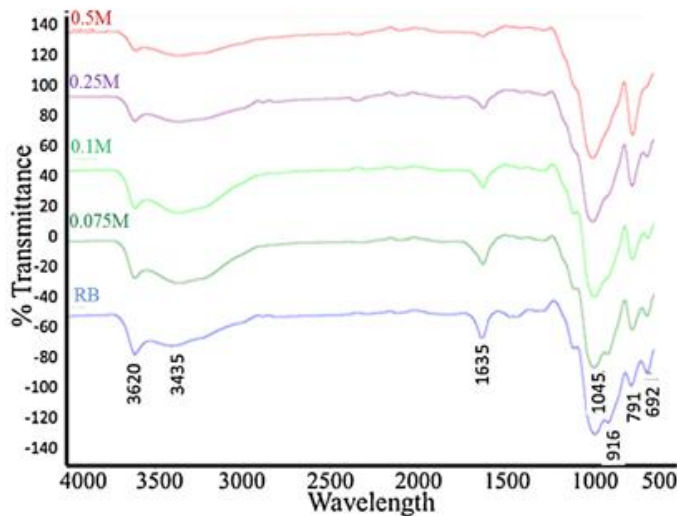


**Gambar 2.5** Skema alat spektrofotometer inframerah

Ketika suatu frekuensi dari radiasi inframerah dilewatkan pada sampel suatu senyawa organik maka akan terjadi penyerapan frekuensi oleh senyawa tersebut. Detektor yang ditempatkan pada sisi lain dari senyawa akan mendeteksi frekuensi yang dilewatkan pada sampel yang tidak diserap oleh senyawa. Banyaknya frekuensi yang melewati senyawa (yang tidak diserap) akan diukur sebagai persen transmittan. Persen transmittan 100 berarti tidak ada frekuensi IR yang diserap oleh senyawa. Pada kenyataannya, hal ini

tidak pernah terjadi. Selalu ada sedikit dari frekuensi ini yang diserap dan memberikan suatu transmitta sebanyak 95%. Transmittan 5% menyatakan bahwa hampir seluruh frekuensi yang dilewatkan diserap oleh senyawa. serapan yang sangat tinggi ini akan memberikan informasi penting mengenai ikatan dalam suatu senyawa (Dachriyanus, 2004).

Bentuk spektrum inframerah dapat dilihat dari salah satu penelitian Toor 2014. Spektrum yang dihasilkan berupa grafik yang menunjukkan persentase transmittan yang bervariasi pada setiap frekuensi radiasi inframerah. FTIR dalam penelitian ini digunakan untuk identifikasi senyawa sampel bentonit tanpa aktivasi dan bentonit teraktivasi asam 0,075 M ; 0,1 M; 0,25 M dan 0,5 M dengan daerah gelombang  $4000 \text{ cm}^{-1}$  hingga  $400 \text{ cm}^{-1}$ . Gambar 2.5 menunjukkan pada serapan 3620; 3435; 1635; 1045; 916; 791; 692  $\text{cm}^{-1}$ . Yang menjadi ciri khas spectra bentonit yaitu muncul pada serapan 3620,1; 1636,4; 1035,7; 794,6; 530; dan 468  $\text{cm}^{-1}$ , yang menunjukkan kandungan terbesar bentonit yaitu montmorillonit. Ciri khas kandungan bentonit terdapat vibrasi ulur OH, tekuk H-O-H, ulur Si-O, tekuk Al-Al-OH dan tekuk Si-O-Al.

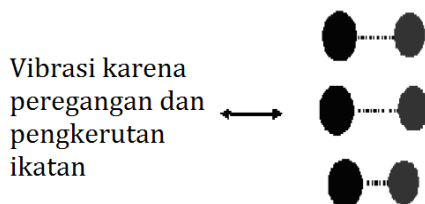


**Gambar 2.6** Spektra FTIR bentonit sebelum aktivasi (biru), bentonit teraktivasi asam 0,075M (hijau tua), bentonit teraktivasi asam 0,1M (hijau muda), bentonit teraktivasi asam 0,25M (ungu), bentonit teraktivasi asam 0,5M (merah).

Setiap frekuensi cahaya, termasuk inframerah, mempunyai energi tertentu. Apabila frekuensi cahaya yang dilewatkan diserap oleh senyawa yang diinvestigasi, berarti energi tersebut ditransfer pada senyawa. besarnya energi yang diserap senyawa akan mempengaruhi kondisi molekul senyawa tersebut. Energi radiasi inframerah berhubungan dengan energi yang dibutuhkan untuk terjadinya vibrasi dari satu ikatan. Jenis ikatan yang terjadi yaitu (Dachriyanus, 2004):

### 1. Peregangan ikatan (*Bond Stretching*)

Pada suatu ikatan kovalen, atom tidak terikat dengan suatu hubungan yang rigid. Dua atom yang berhubungan satu sama lain disebabkan karena kedua inti atom terikat pada pasangan elektron yang sama. Kedua inti ini bisa mengalami vibrasi kedepan-kebelakang dan atom kesamping-keatas satu sama lain.

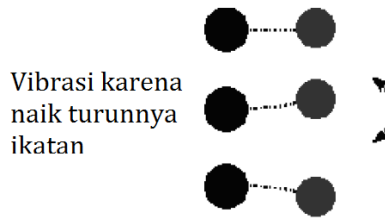


**Gambar 2.7** *Bond stretching*

Energi yang terikat pada vibrasi tergantung pada panjang ikatan dan massa atom-atom yang saling berikatan. Ini berarti bahwa setiap ikatan yang berbeda akan bervibrasi dengan cara yang berbeda dan jumlah energi yang berbeda pula. Pada dasarnya, ikatan-ikatan akan bervibrasi sepanjang waktu. Apabila ikatan tersebut diberi sejumlah energi yang tepat sama dengan besarnya energi pada ikatan maka energi ini akan menyebabkan vibrasi pada keadaan yang lebih tinggi. Jumlah energi yang dibutuhkan bervariasi pada setiap ikatan sehingga setiap ikatan akan menyerap pada frekuensi yang berbeda-beda pada radiasi inframerah

### 2. Pengerutan ikatan (*bond bending*)

Seperti halnya peregangan, ikatan juga bisa bergerak naik-turun (*bend*)



**Gambar 2.8** Bond Bending

Ikatan bisa bervibrasi naik-turun sepanjang waktu dan jika diberikan energi yang tepat pada ikatan ini maka vibrasinya akan semakin kuat. Naik turunnya suatu ikatan melibatkan sejumlah energi sehingga setiap ikatan akan menyerap energi pada frekuensi yang berbeda-beda dari radiasi inframerah.

#### 4.3 X-Ray Diffraction (XRD)

XRD merupakan salah satu alat yang memanfaatkan prinsip dari persamaan Hukum Bragg dengan menggunakan metoda karakterisasi material. Karakterisasi XRD bertujuan untuk menentukan sistem kristal. Metode difraksi sinar-X dapat menerangkan parameter kisi, jenis struktur, susunan atom yang berbeda pada kristal, adanya ketidaksempurnaan dalam kristal, orientasi, butir-butir dan ukuran butir suatu material (Smallman & Bishop, 1999). Sinar -X yang digunakan dalam metode ini merupakan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang diantara 400-800 nm.

## 1. Bagian-bagian X-Ray Diffraction

Komponen-komponen utama yang terdapat pada XRD, diantaranya adalah tabung elektron, monokromator, filter, sampel holder, detektor, dan software analisa (Agus dkk, 2012).

### a). Tabung elektron

Tabung elektron adalah tempat pembentukan elektron yang digunakan untuk plat logam sehingga menghasilkan sinar-X. Berkas sinar-X inilah yang kemudian digunakan untuk menumbuk material sampel dan menghasilkan spektrum kontinyu maupun spektrum garis. Di dalam tabung elektron sendiri terdapat beberapa komponen, yaitu filament yang terbuat dari tungsten sebagai sumber elektron, plat logam (Cu, Au, dan lin-lain), dan pendingin.

### b). Monokromator

Monokromator merupakan komponen yang berperan untuk mengubah berkas polikromatik menjadi masing-masing berkas monokromatik.

### c). Filter

Filter berfungsi untuk menyaring sebagian berkas cahaya yang tidak diinginkan yang dapat mengganggu analisa data karena menciptakan gangguan (*noise*), filter yang dapat terbuat dar logam yang berbeda dengan logam yang terdapat pada tabung elektron.

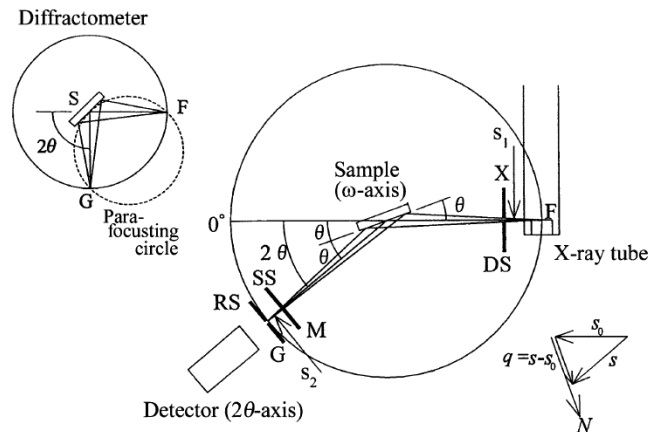
### d). Sampel holder



Sampel holder merupakan tempat untuk meletakkan sampel yang akan dianalisa. Sampel dapat dilekatkan dalam berbagai orientasi untuk mendapatkan sudut difraksi.

f). Detektor

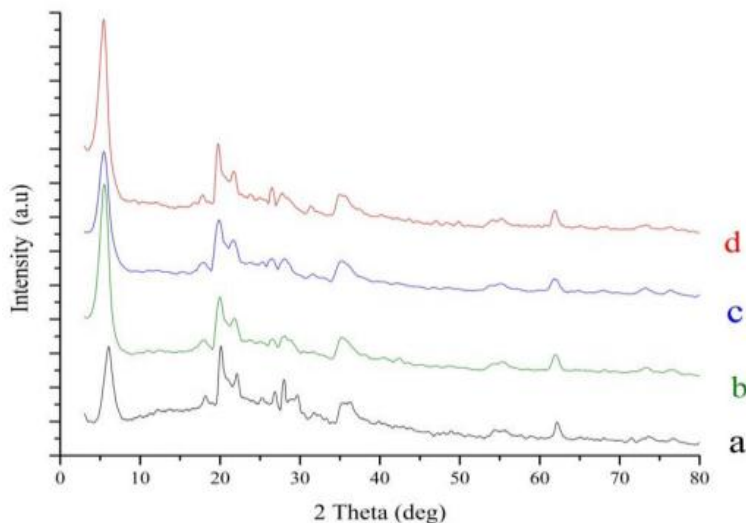
Detektor digunakan untuk mendeteksi berkas cahaya yang terdifraksi pada sudut-sudut tertentu dengan intensitasnya masing-masing. Berkas cahaya yang mengalami difraksi terekam pada pita.



**Gambar 2.9** komponen utama pada XRD (Yoshio *et al*, 2011)

Tujuan menganalisa bentonit menggunakan XRD dalam suatu penelitian adalah untuk mengetahui kandungan mineral-mineral yang terdapat pada bentonit dan melihat pola difraksi pada harga  $2\theta$  dan jarak antar bidang datar (*basal spacing*) dari kisi kristalin. Salah satu contoh bentuk analisa menggunakan XRD bisa dilihat dari

difraktogram XRD bentonit alam dan bentonit teraktivasi asam dapat dilihat pada gambar 2.9.



**Gambar 2.9** difraktogram XRD Bentonit Alam (a), Bentonit Teraktivasi  $\text{HNO}_3$  0,1 M (b), Bentonit Teraktivasi  $\text{HCl}$  0,5 M (c) dan Bentonit Teraktivasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,6 M (d).

Salah satu bentuk difraktogram XRD pada bentonit alam (a) pada gambar 2.2 menunjukkan puncak dengan intensitas tinggi pada  $2\theta = 6,09$  dan  $2\theta = 20,27$  dengan basal spacing sebesar  $14,48 \text{ \AA}$  dan  $4,38 \text{ \AA}$  yang mengindikasikan mineral monmorillonit. Selanjutnya pada  $2\theta = 21,68$  dengan basal spacing  $2,82$  menunjukkan adanya mineral kuarsa dan feldspar. Puncak lain terdapat pada  $2\theta=35,79$  dengan basal spacing  $2,51 \text{ \AA}$  yang menunjukkan adanya mineral monmorillonit. Berdasarkan difraktogram yang diperoleh dapat

disimpulkan bahwa bentonit alam terdiri dari mineral monmorillonit sebagai fasa mineral yang dominan dan beberapa mineral lain seperti kuarsa dan feldspar.

#### **4.4. Surface Area Analyzer (SAA)**

*Surface Area Analyzer (SAA)* merupakan salah satu alat utama dalam karakterisasi suatu material yang berfungsi untuk menentukan luas permukaan material, distribusi pori dari material dan isotherm adsorpsi suatu gas pada suatu bahan. Alat ini dilengkapi dengan perangkat lunak yang dapat menghitung hampir semua data yang diperlukan seperti: luas permukaan, volume pori, dan distribusi pori dengan berbagai metode perhitungan. Prinsip kerja dari SAA menggunakan mekanisme adsorpsi gas, umumnya seperti nitrogen, argon dan helium pada permukaan suatu bahan padat yang akan dikarakterisasi pada suhu konstan, biasanya suhu didih dari gas tersebut. Alat tersebut pada dasarnya hanya mengukur jumlah gas yang dapat diserap oleh suatu permukaan padatan pada tekanan dan suhu tertentu. SAA memerlukan sampel dalam jumlah yang kecil biasanya berkisar 0,1 sampai 0,01 gram (Gregg, 1982).

Berikut bagian - bagian dari alat Surface Area Analyzer (Dayana dkk, 2019):

- 1) *Facum or flow degassing*, berfungsi sebagai tempat preparasi sampel.
- 2) *Heating mantles*, digunakan untuk meletakkan sampel yang akan diuji dan pemanasan.

- 3) *Degas temperature control*, berfungsi untuk mengatur temperatur yang digunakan untuk memanaskan sampel.
- 4) *Status and data display*, berfungsi untuk menampilkan status.
- 5) *Automated dewar elevator*, berfungsi sebagai analisis lanjut terhadap sampel

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode BET (*Brunauer-EMMET-Teller*). Dalam metode ini molekul padatan yang paling atas berada pada kesetimbangan dinamis. Ketika permukaan hanya dilapisi satu molekul, maka molekul-molekul gas ini berada dalam kesetimbangan dalam fase uap padatan. Jika terdapat dua atau lebih lapisan, maka lapisan teratas berada pada kesetimbangan dalam fase uap padatan. Berikut merupakan persamaan BET:

$$\frac{1}{w\left(\frac{P_0}{P}-1\right)} = \frac{1}{w_m C} \left(\frac{P}{P_0}\right) \quad (2.6)$$

dengan:

$W$  =Berat yang dserap (adsorbed) pada teknan relative  $P/P_0$

$W_m$  =Berat gas nitrogen(adsorbate) yang membentuk lapisan monolayaer pada pembentukan zat

$P$  =Tekanan kesetimbangan adsorbsi

$P_0$  =Tekanan penjenuhan adsorpsi cuplikan pada suhu rendaman pendingin

$C$  =Konstanta energi

Luas permukaan suatu padatan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$St = \frac{Wm \cdot Nav \cdot Acs}{BM} \quad (2.7)$$

dengan:

St = Luas permukaan suatu padatan (m<sup>2</sup>)

Wm = Berat gas nitrogen (adsorbate) yang membentuk lapisan monolayer pada pembentukan zat

Nav = Bilangan Avogadro

Acs = luas proyeksi N<sub>2</sub>

Luas permukaan spesifik suatu padatan dapat dihitung melalui rumus sebagai berikut:

$$S = \frac{St}{W} \quad (2.8)$$

dengan:

S = Luas permukaan spesifik suatu padatan (m<sup>2</sup>/g)

St = Luas permukaan suatu padatan (m<sup>2</sup>)

W = Berat yang dianalisis (adsorbed)

Contoh hasil analisa bentonit menggunakan alat *surface area analyzer* dari penelitian Nurul dkk (2012) dapat dilihat dari tabel 2.3

**Tabel 2.3** Hasil analisa Na-bentonit dan Na-bentonit teraktivasi asam dengan menggunakan *Surface Area Analyzer*

Perlakuan	Luas Permukaan (m <sup>2</sup> /g)
Na-bentonit	25,703
Na-bentonit teraktivasi asam	79,331

Berdasarkan tabel 2.3 hasil yang didapat menunjukkan bahwa bentonit teraktivasi asam mempunyai luas permukaan lebih besar daripada bentonit yang tanpa diaktivasi terlebih dahulu. Peningkatan luas permukaan pada bentonit teraktivasi asam dikarenakan adanya protonasi gugus OH menjadi OH<sub>2</sub><sup>+</sup> yang disertai terikatnya kation H<sup>+</sup>. Adanya jumlah kation H<sup>+</sup> yang semakin banyak dengan penambahan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dapat mendesak (Ca, Mg, Fe, K dan Na) yang menempati rongga-rongga pada lapisan alumina silikat. Disamping itu kontak antara asam sulfat dan bentonit dapat melepaskan ion Al, Fe, Mg, dan pengotor-pengotor lainnya dari kisi-kisi struktur. Sehingga peningkatan luas permukaan ini mampu memperbesar jumlah adsorpsi adsorben.

## 2. Kajian Pustaka

Kerangka teoritik ini digunakan sebagai perbandingan terhadap penelitian yang sudah ada. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan beberapa karya yang berkaitan dengan penelitian ini sebagai acuan dan rumusan berpikir. Adapun kajian pustaka tersebut di antaranya:

- a) Penelitian yang dilakukan oleh Mega dan Nurul. Mahasiswa Fakultas Kimia Universitas Surabaya pada Tahun 2012 yang berjudul: *Peningkatan Mutu Minyak Goreng Curah Menggunakan Adsorben Bentonit Teraktivasi*.

Jenis adsorben yang didapatkan ada dua, yaitu bentonit tanpa aktivasi dan bentonit teraktivasi. Aktivator yang digunakan adalah larutan asam yaitu  $H_2SO_4$ . Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa mutu minyak goreng dengan penambahan adsorben bentonit teraktivasi mengalami peningkatan. Hal tersebut dibuktikan dengan hasil *scanning electron microscopy* menunjukkan bahwa morfologi bentonit teraktivasi mempunyai permukaan lebih bersih dibandingkan bentonit sebelum teraktivasi yang ditandai dengan adanya peningkatan luas permukaan, dari yang awalnya 25,703 ( $m^2/g$ ) menjadi 79,331 ( $m^2/g$ ).

- b) Penelitian yang dilakukan oleh Araga *et al.* Mahasiswa Teknik Kimia *Indian Institute of Technology* pada tahun 2017 yang berjudul: *Fluoride Adsorption from Aqueous Solution using Activated Carbon Obtained from KOH-treated Jamun (*Syzygium Cumini*) Seed*. Penelitian ini bertujuan untuk meminimalisir ion  $F^-$  pada air dengan membuat adsorben dari biji jamun yang teraktivasi dengan larutan KOH.

Beberapa parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah waktu kontak (0-3 jam), dosis adsorben (20-500 mg), konsentrasi ion  $F^-$  (2-20mg/L), suhu (289K-308K-318K), dan pH

(2,5-10). Hasil penelitian menunjukkan bahwa karbon aktif yang terbuat dari biji jamun teraktivasi KOH mampu menyerap ion F<sup>-</sup> secara maksimal pada kapasitas adsorpsi maksimum 3.654 mg/g dengan konsentrasi ion F<sup>-</sup> 10 mg/L; pH 2,5 ; dosis adsorben 2 gram/L dengan waktu kontak 2 jam dan suhu 25°C.

- c) Penelitian yang dilakukan oleh Yulius Dala Ngapa di Universitas Flores pada tahun 2017 yang berjudul : *Kajian Pengaruh Asam-Basa Pada Aktivasi Zeolit dan Karakterisasinya sebagai Adsorben Pewarna Biru Metilena.*

Penelitian ini membandingkan jenis aktivator dalam mengaktivasi zeolit. Jenis aktivator yang digunakan adalah asam (HCl) dan basa (NaOH). Berdasarkan hasil penelitian, aktivasi zeolit mampu meningkatkan kapasitas adsorpsi terhadap zat warna biru metilena. Nilai kapasitas adsorpsi zeolit sebelum dan sesudah aktivasi berturut-turut adalah 17,298 mg/g dan 18,385 mg/g untuk aktivator asam, 19,988 mg/g untuk aktivator basa. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa aktivator basa memberikan pengaruh lebih besar daripada aktivator asam.

- d) Penelitian yang dilakukan oleh Yuni mahasiswa University of Surabaya pada tahun 2014 yang berjudul: KAPASITAS ADSORBSI BENTONIT TEKNIS SEBAGAI ADSORBEN ION Cd<sup>2+</sup>. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik kimia bentoit teknis sebelum dan sesudah diaktivasi serta untuk mengetahui kemampuan adsorpsinya terhadap ion Cd<sup>2+</sup>.



Aktivasi bentonit teknis dilakukan dengan menggunakan larutan HCl 0,5 M dan memvariasi suhu pemanasan 100, 140, 200 dan 400°C. Parameter adsorpsi meliputi konsentrasi sampel, masa adsorben (0,1; 0,3; 0,5; dan 1 gram), waktu kontak (20, 40, 60, dan 80 menit). Uji adsorpsi pada penelitian ini menggunakan sistem "batch shaker". Hasil adsorpsi penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi sampel optimum yaitu 25 ppm, massa adsorben optimum pada 0,3 gram, waktu kontak optimum selama 80 menit. Adsorpsi bentonit teknis terhadap ion  $\text{Cd}^{2+}$  mengikuti pola adsorpsi isotherm Langmuir dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,997 dengan nilai kapasitas adsorpsi 2,3148 mg/g.

- e) Penelitian yang dilakukan oleh Manjot Toor dkk. Mahasiswa Fakultas Teknik Kimia *University of Adelaide* Australia pada tahun 2015 yang berjudul: *Activating natural bentonite as a cost-effective adsorbent for removal of congo-red in wastewater*. Penelitian ini bertujuan untuk mengadsorpsi material organik limbah cair menggunakan adsorben teraktivasi yang terbuat dari bentonit alam Australia

Ada beberapa variabel yang digunakan untuk mengetahui kualitas adsorben dalam penelitian ini, diantaranya suhu aktivasi (50-500 °C), kemudian konsentrasi HCl 0,05-0,5 M, waktu kontak 20-120 menit. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kondisi optimal untuk adsorben menyerap limbah terletak pada saat suhu aktivasi 100 °C dalam waktu 20 menit dengan konsentrasi HCl 0,1M.

f) Penelitian yang dilakukan oleh Radheshyam dkk. Mahasiswa *Departement of Energy and Environment Convergence Technology Catholic Kwandong University Seoul* Korea Selatan pada tahun 2016 yang berjudul: *Activated bentonite as a low-cost adsorbent for the removal of Cu(II) and Pb(II) from aqueous solutions: Batch and Column studies*. Penelitian ini memanfaatkan bentonit teraktivasi sebagai adsorben untuk menghilangkan ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  dan ion logam  $\text{Pb}^{2+}$  pada limbah dengan menggunakan metode *batch* dan *column*.

Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah luas permukaan adsorben, yaitu adsorben dalam bentuk butiran kasar dan powder yang berukuran 100 mesh. Tahap pertama penelitian ini adalah tahap aktivasi, dimana adsorben diaktivasi larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  6 N dengan suhu aktivasi  $65^\circ\text{C}$  selama 10 jam. Kemudian adsorben dikeringkan dalam oven pada suhu  $110^\circ\text{C}$  selama 24 jam. Hasil akhir yang diperoleh pada penelitian ini adalah penggunaan adsorben jenis powder mampu menghasilkan kapasitas adsorpsi lebih tinggi daripada jenis butiran kasar. Dimana kapasitas adsorpsi larutan ion  $\text{Cu}^{2+}$  dan  $\text{Pb}^{2+}$  meningkat dari 9,793 mg/g menjadi 21,359 mg/g dan diperkuat dengan adanya karakterisasi adsorben menggunakan FT-IR, XRD, XRF, SEM. Sehingga dapat disimpulkan bahwa adsorben powder yang teraktivasi jauh lebih optimal untuk mengadsorpsi ion logam Cu(II) maupun Pb(II).

g) Penelitian yang dilakukan oleh Ginting dkk mahasiswa Universitas Lampung pada tahun 2018 yang berjudul: Sintesis Zeolit A dari *Coal Bottom Ash* dengan metode *Step Change Of Synthesis Temperature* dengan Variasi Suhu Kalsinasi Diaplikasikan untuk Dehidrasi Etanol.

Bahan baku yang digunakan adalah *coal bottom ash* PLTU Tarahan Lampung Selatan. Variasi suhu kalsinasi yang digunakan adalah 500°C, 600°C, 700°C dan 800°C. Hasil analisa menggunakan *Surface Area Analyzer* menunjukkan nilai luas permukaan berturut-turut yaitu 12,292 m<sup>2</sup>/g, 3,527 m<sup>2</sup>/g, 4,453 m<sup>2</sup>/g, 8,249 m<sup>2</sup>/g. Semakin besar luas permukaan zeolit maka kapasitas adsorbsinya juga semakin besar. Sehingga dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa suhu optimum kalsinasi yaitu 500°C.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### A. Alat dan Bahan

##### 1. Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah desikator, oven merk Memmert, kertas saring whatman No.42, furnace, ayakan, seperangkat alat gelas, seperangkat alat reflux, neraca analitik, pH meter, *magnetic stirrer*, *Gas Sorption Analyzer (GSA)*, *X-ray Diffraction (XRD)*, *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)* dan *Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)*.

##### 2. Bahan

Bahan yang digunakan adalah bentonit dari toko kimia indrasari, KOH 6 M dan 12 M, aquadest,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

#### B. Prosedur Kerja

##### a. Aktivasi Adsorben

Bentonit dalam keadaan kering direfluks dalam larutan KOH dengan variasi konsentrasi KOH 6 M dan 12 M selama 6 jam, perbandingan rasio berat bentonit : KOH = 1 : 4. Sampel yang dihasilkan disaring dalam keadaan panas menggunakan kertas saring whatman No.42, kemudian dinetralkan menggunakan larutan air suling hingga larutan menjadi netral (pH=7). Sampel dikeringkan dalam oven pada suhu 100 selama 3 jam (sun *et al.*, 2018, Jinxiao Li, 2017, Ramya *et al.*, 2017, Ariyani, 2017)

### **b. Proses Kalsinasi**

Bentonit teraktivasi dalam keadaan kering dikalsinasi menggunakan furnace pada suhu 500 °C selama 1 jam. Kemudian didiamkan dalam furnace hingga panasnya turun dan dipindahkan ke desikator sampai dingin, lalu diayak menggunakan ayakan berukuran 60 mesh (Simparmin dkk, 2018).

### **c. Proses Uji Adsorpsi**

Proses uji adsorpsi dilakukan menggunakan metode *batch*. Adsorben diambil sebanyak 1 gram, kemudian ditambahkan 50 mL larutan ion logam Cu(II) 1000 ppm diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan suhu  $25^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$  selama 60 menit. Selanjutnya disaring menggunakan penyaring *bunchner* untuk memisahkan filtrat dan endapannya. Filtratnya diambil dan dianalisis daya adsorpsinya menggunakan AAS kemudian dikarakterisasi (Al-Shahrani, 2013).

### **d. Karakterisasi**

Karakterisasi dalam penelitian ini menggunakan FT-IR, SAA dan XRD. FTIR berfungsi untuk mengetahui perubahan-perubahan gugus fungsional utama dalam adsorben. SAA berfungsi untuk menentukan luas permukaan adsorben tersebut, dan XRD berfungsi untuk mengetahui struktur mikro dari adsorben.

### **e. Penentuan Waktu Optimum**

Penentuan waktu optimum interaksi antara adsorben dan adsorbat menggunakan adsorben terbaik dari ketiga jenis adsorben. Uji adsorpsi ini menggunakan metode *batch*. Dimana

gelas beker diisi adsorben terbaik sebanyak 1 gram, kemudian ditambahkan 50 ml larutan ion logam Cu(II) 1000 ppm diaduk menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan 150 rpm pada suhu  $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  dan dilakukan variasi waktu interaksi yaitu 15 menit, 30 menit, 45 menit, 60 menit, 75 menit, 90 menit, 105 menit, 120 menit, 135 menit, 150 menit, 165 menit dan 180 menit. Selanjutnya disaring menggunakan penyaring bunchner untuk memisahkan filtrat dan endapannya. Filtratnya diambil dan dianalisis menggunakan AAS, FTIR, XRD, SAA (Kanogwan *et al.*, 2018, Al-Shahrani, 2013).

#### **f. Penentuan pH Optimum**

Sebanyak 1 gram adsorben terbaik dimasukkan dalam Erlenmeyer dan ditambahkan 50 ml larutan  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  dengan konsentrasi 1000 ppm. pH larutan divariasi 3,4,5,6,7,8,9,10,11 dengan menambahkan larutan HCl dan NaOH. Kemudian larutan diaduk menggunakan magnetic stirrer selama 120 menit dengan kecepatan 150 rpm dalam suhu ruang. Larutan disaring dan filtratnya diambil, kemudian diukur absorbansinya dengan menggunakan AAS.

### **C. Analisa Data**

#### **1. XRD**

Data d yang diperoleh dari difaktogram bentonit akan dicocokkan dengan data d dari JCPDS (*Joint Committee Powder on Diffraction Standart*) sehingga dapat diketahui jenis mineral didalam bentonit

## 2. FT-IR

Data yang diperoleh akan dicocokkan dengan tabel gugus fungsi IR. Gugus fungsi tertentu bereaksi hanya dengan pereaksi tertentu dengan memberikan gejala yang khas. Karena itulah, gugus fungsi menjadi ciri suatu kelompok senyawa. Berikut tabel gugus fungsi IR.

Tabel 3.1 Daftar Bilangan gelombang dan berbagai jenis ikatan

Bilangan gelombang ( $\nu$ , $\text{cm}^{-1}$ )	Jenis ikatan
3750-3000	Regang O-H, N-H
3000-2700	Regang $-\text{CH}_3$ , $-\text{CH}_2-$ , C-H, C-H aldehyd
2400-2100	Regang $-\text{C}\equiv\text{C}-$ , $\text{C}\equiv\text{N}$
1900-1650	Regang C=O (asam, aldehyd, keton, amida, ester, anhidrida)
1675-1500	Regang C=C (armatik dan alifatik), C=N
1475- 1300	Regang C-H bending
1000-650	Regang C=C-H, Ar-H bending

(Dacriyanus,2004)

## 3. AAS

Metode AAS yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kurva kalibrasi. Dalam metode kurva kalibrasi ini dibuat seri larutan standar dengan berbagai konsentrasi dan absorbansi dari larutan tersebut diukur dengan AAS. Selanjutnya membuat grafik antara konsentrasi (C) dengan Absorbansi (A) yang

nantinya akan membentuk suatu garis linier. Sehingga konsentrasi larutan akhir dapat diperoleh melalui persamaan garis liner pada kurva kalibrasi dengan rumus :

$$y = ax + b \quad (3.1)$$

dengan:

y = Absorbansi

a= koefisien regresi (slope = kemiringan)

x= konsentrasi

b= tetapan regresi (intersep)

#### 4. Kapasitas Adsorpsi

$$q = \frac{(C_o - C_e)V}{m} \quad (3.2)$$

dengan:

C<sub>o</sub> = Konsentrasi awal (mg.L<sup>-1</sup>)

C<sub>e</sub> = Konsentrasi saat tercapai kondisi kesetimbangan (mg.L<sup>-1</sup>)

V = Jumlah volume larutan adsorbat (L)

m = Massa adsorben (g)



## BAB IV

### HASIL PENELITIAN PEMBAHASAN

#### 1.1 Deskripsi Data

Tujuan dari penelitian ini adalah pemanfaatan bentonit alam sebagai adsorben dalam meminimalisir ion logam berat Cu(II). Langkah awal dalam penelitian ini adalah sintesis bentonit sebagai adsorben, dimana terdapat dua perlakuan yang berbeda terhadap bentonit yaitu bentonit akan diaktivasi menggunakan larutan aktivator KOH dan bentonit tanpa perlakuan aktivasi.

#### **Aktivasi bentonit**

Pada penelitian ini dipelajari karakterisasi bentonit teraktivasi KOH. Hasil aktivasi selanjutnya diaplikasikan pada adsorpsi Cu(II) dalam larutan Cu(II) 1000 ppm. Bentonit teraktivasi diharapkan akan meningkatkan daya adsorpsi terhadap ion logam Cu(II). Pengujian daya serap bentonit terhadap ion logam berat Cu(II) akan dilakukan dengan menggunakan alat spektroskopi serapan atom berdasarkan SNI 6989.6-2009 merk *Perkin Elmer 5100 PC* dan karakteristik bentonit teraktivasi basa dianalisis menggunakan *Fourier Transform Infrared* merk *Thermo Nicolet Avatar 360*, XRD merk *Bruker D2 Phaset 2<sup>nd</sup> Gen*, *Gas Sorption Analyzer* merk *NOVA 1200 e Quantachrome*.

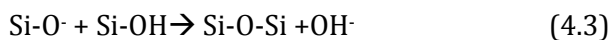
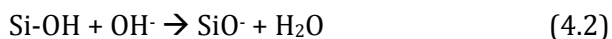
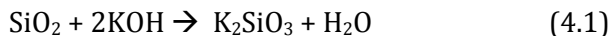
Aktivasi terhadap bentonit merupakan proses yang bertujuan untuk meningkatkan *performace* permukaan dan kandungan bentonit. Aktivasi kimia dalam penelitian ini dilakukan dengan

metode refluks dimana aktivator yang digunakan adalah larutan KOH dengan variasi konsentrasi 6 M dan 12 M. Perlakuan awal yang dilakukan adalah mencampurkan bentonit dan larutan aktivator dengan perbandingan 1:4 selama 6 jam dengan kecepatan 150 rpm, hal ini bertujuan untuk menghilangkan pengotor atau *impurities* yang ada pada kisi struktur bentonit, sehingga struktur bentonit menjadi aktif dan pori-pori bentonit menjadi lebih terbuka. Semakin banyak pori yang terbuka pada permukaan bentonit maka proses adsorpsi akan berlangsung baik dengan banyaknya adsorbat yang terserap pada pori bentonit.

Setelah proses aktivasi selesai, larutan sampel disaring menggunakan penyaring *bunchner* dengan tujuan untuk memisahkan bentonit teraktivasi dengan larutan aktivator. Bentonit teraktivasi KOH yang selanjutnya disebut sebagai BTK kemudian dinetralisasi menggunakan air suling hingga pH=7. Netralisasi BTK bertujuan membebaskan kotoran-kotoran yang mungkin masih menempel pada bentonit. BTK yang sudah netral ini kemudian di keringkan menggunakan oven selama 3 jam pada suhu 100 °C. Pemanasan BTK bertujuan untuk mengeliminasi kandungan air dalam BTK dengan cara menguapkan air dari permukaan BTK. BTK kering yang dihasilkan dari proses pemanasan kemudian di kalsinasi pada suhu 500 °C selama 1 jam. Proses kalsinasi BTK berfungsi untuk menjaga stabilitas termal dan memperbesar pori-pori permukaan bentonit. Bentonit yang dikalsinasi selanjutnya didinginkan dalam desikator, kemudian diayak menggunakan

ayakan yang berukuran 60 *mesh* untuk menyamakan ukuran partikel bentonit karena semakin kecil ukuran partikel maka semakin efisien penyerapan bentonit terhadap adsorbat.

Reaksi yang terjadi antara silika dalam bentonit dengan aktivator basa (KOH):



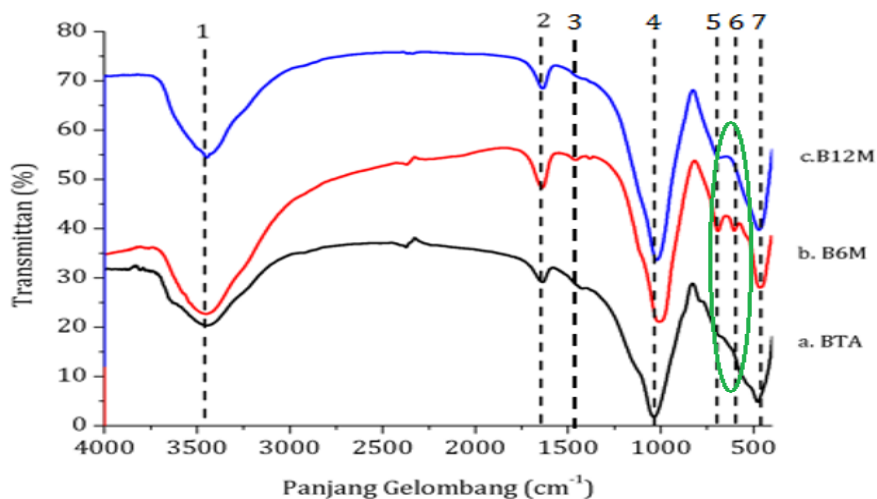
Pengaruh aktivasi menyebabkan ion  $\text{K}^+$  basa berperan penting dalam melarutkan Si sehingga membentuk kalium silikat (Johnson *et al.*, 2014). Perlakuan basa (KOH) menyebabkan terbentuknya senyawa silikat sehingga permukaan bentonit berubah menjadi lebih negatif. Permukaan luas bidang kontak yang semakin besar dan pembentukan muatan permukaan bentonit yang lebih negatif akan menghasilkan kapasitas adsorpsi yang lebih baik (Wang *et al.*, 2012). Hal ini didukung oleh penelitian Okwara and Osaka pada tahun 2006 dimana dalam penelitian tersebut adsorben teraktivasi basa dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi clay terhadap minyak nabati sebesar lebih dari 79%.

## 1.2 Karakterisasi Bentonit

Adsorben yang dihasilkan dalam penelitian ini ada tiga yaitu bentonit tanpa aktivasi, bentonit teraktivasi KOH 6 M dan bentonit teraktivasi 12 M. Ketiga adsorben ini kemudian dikarakterisasi menggunakan *X-ray Diffraction*, *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* dan *Gas Sorption Analyzer*.

### **a. Hasil analisa FT-IR dari Bentonit**

Analisa bentonit menggunakan FT-IR pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gugus fungsional apa saja yang ada pada bentonit dan apakah terjadi perubahan gugus fungsional utama pada BTA dan BTK. Hasil dari analisa bentonit berupa puncak pita serapan pada spektra FT-IR. Kandungan yang menjadi ciri khas bahwa senyawa tersebut merupakan bentonit adalah montmorillonit, dimana montmorillonit mempunyai pita-pita serapan yang khas yaitu muncul pada bilangan gelombang  $3629\text{ cm}^{-1}$ ,  $3425\text{ cm}^{-1}$ ,  $1654\text{ cm}^{-1}$ ,  $3284\text{ cm}^{-1}$ ,  $1031\text{ cm}^{-1}$ ,  $696\text{ cm}^{-1}$ ,  $634\text{ cm}^{-1}$ ,  $1912\text{ cm}^{-1}$ ,  $545\text{ cm}^{-1}$ ,  $460\text{ cm}^{-1}$  (Liu *et al*, 2011). Spektrum adsorben hasil analisa FT-IR dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 4.1 dan nilai serapan antara bentonit tanpa aktivasi dan bentonit teraktivasi KOH 6 M dan 12 M dapat dilihat pada tabel 4.1 di bawah ini.



**Gambar 4.1** Grafik hasil spektra FT-IR bentonit tanpa aktivasi(a), bentonit teraktivasi KOH 6M(b) dan bentonit terktivasi KOH 12M(c).

Dari ketiga spektra diatas, nilai serapan antara bentonit tanpa aktivasi dan bentonit teraktivasi KOH 6 M dan bentonit teraktivasi 12 M dapat dilihat dalam tabel 4.1 di bawah ini.

**Tabel 4.1** Nilai serapan BTA dan BTK

No	Ikatan Adsorpsi	BTA ( $\text{cm}^{-1}$ )	BTK 6M ( $\text{cm}^{-1}$ )	BTK 12M ( $\text{cm}^{-1}$ )
1.	Gugus -OH	3448	3450,23	3449,22
2.	Vibrasi tekuk H-O-H	1635,26	1640,23	1637,44
3.	Vibrasi ulur -Al-O	-	1495,5	-
4.	Vibrasi ulur asimetris -Si-O	1036,98	1009,31	1020,63
5.	Vibrasi tekuk Si-O	-	692,5	-
6.	Vibrasi tekuk Si-O-Al	-	604,08	-
7.	Vibrasi tekuk Si-O-Si	477,59	466,71	472,01

Spektrum hasil analisa FT-IR pada gambar 4.1 terlihat gugus-gugus spesifik montmorillonit yaitu -OH, -OH<sub>2</sub>, -AlO, -SiO, -SiOAl, -SiOSi, dengan panjang gelombang berturut-turut yaitu 3448 - 3450,23 cm<sup>-1</sup>; 1635,26 - 1640,23 cm<sup>-1</sup>; 1495,5 cm<sup>-1</sup>; 1009,31-1036,98 cm<sup>-1</sup> dan 692,5 cm<sup>-1</sup>; 604,08 cm<sup>-1</sup>; 466,71-477,59 cm<sup>-1</sup>. Daerah serapan 400-1200 cm<sup>-1</sup> disebut sebagai daerah sidik jari. Puncak serapan yang muncul pada daerah sidik jari antara lain 1009,31 - 1036,98 cm<sup>-1</sup>; 692,5 cm<sup>-1</sup>; 604,08 cm<sup>-1</sup>; 466,71-477,59 cm<sup>-1</sup>. Berdasarkan gambar 4.1 pada bentonit tanpa aktivasi terdapat bilangan gelombang 3448 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya vibrasi ulur gugus OH yang terhidrasi molekul air yang teradsorpsi. Hal ini diperkuat dengan adanya pita serapan pada bilangan 1635,26 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan adanya vibrasi tekuk dari H-O-H dari air yang teradsorpsi didalam bentonit. Adanya pita serapan yang tajam dengan intensitas yang tinggi pada bilangan 1036,98 cm<sup>-1</sup> menunjukkan karakteristik dari vibrasi ulur asimetris Si-O. Vibrasi tekuk Si-O-Si ditunjukkan pada bilangan gelombang 477,59 cm<sup>-1</sup> (Liu zhirong *et al.*, 2011., Frederico *et al*, 2010, Sulistyowati dkk, 2018). Dari hasil spektra IR pada gambar 4.1 terlihat bahwa aktivasi menggunakan KOH tidak mengubah karakteristik gugus fungsional bentonit. Pada bentonit teraktivasi gugus fungsional khas bentonit masih tetap dipertahankan yaitu Si-O dan Si-O-Si yang teramati pada bilangan gelombang 1009,31 - 1020,63 cm<sup>-1</sup> dan 466,71 - 472,01 cm<sup>-1</sup>. Sedangkan dari gambar 4.1 maupun tabel 4.1 dapat dilihat terdapat perubahan nilai bilangan gelombang pada spektra bentonit tanpa aktivasi dan teraktivasi KOH.

Masing-masing mempunyai puncak yang hampir sama, hanya saja ada beberapa puncak yang mengalami pergeseran bilangan gelombang.

Grafik 4.1 menunjukkan perlakuan aktivasi menyebabkan vibrasi ulur  $-OH$  dari  $H_2O$  pada bentonit tanpa aktivasi mengalami pergeseran yaitu pada daerah bilangan gelombang  $3425,58\text{ cm}^{-1}$  menjadi  $3450,23\text{ cm}^{-1}$  untuk BTK 6M dan  $3449,22\text{ cm}^{-1}$  untuk BTK 12M. Selanjutnya pada vibrasi tekuk H-O-H pada bentonit tanpa aktivasi yang mengalami peningkatan intensitas yaitu  $1635,26\text{ cm}^{-1}$  menjadi  $1640,23\text{ cm}^{-1}$  untuk bentonit teraktivasi KOH 6M dan  $1637,44\text{ cm}^{-1}$  untuk bentonit teraktivasi KOH 12 M. Pergeseran kearah bilangan gelombang yang lebih tinggi ini menunjukkan bahwa molekul air yang terserap dalam antar lapis bentonit semakin berkurang. Namun, antara bentonit teraktivasi KOH 6 M dengan bentonit teraktivasi KOH 12 M pada vibrasi ulur  $-OH$  mengalami penurunan bilangan gelombang yang lebih rendah yaitu  $3450,23\text{ cm}^{-1}$  menjadi  $3449,22\text{ cm}^{-1}$ . Penurunan bilangan gelombang ini disebabkan adanya interaksi  $-OH$  oktahedral dengan kation  $K^+$  dari larutan aktivator KOH yang menyebabkan  $-OH$  dari oktahedral menjadi lemah.

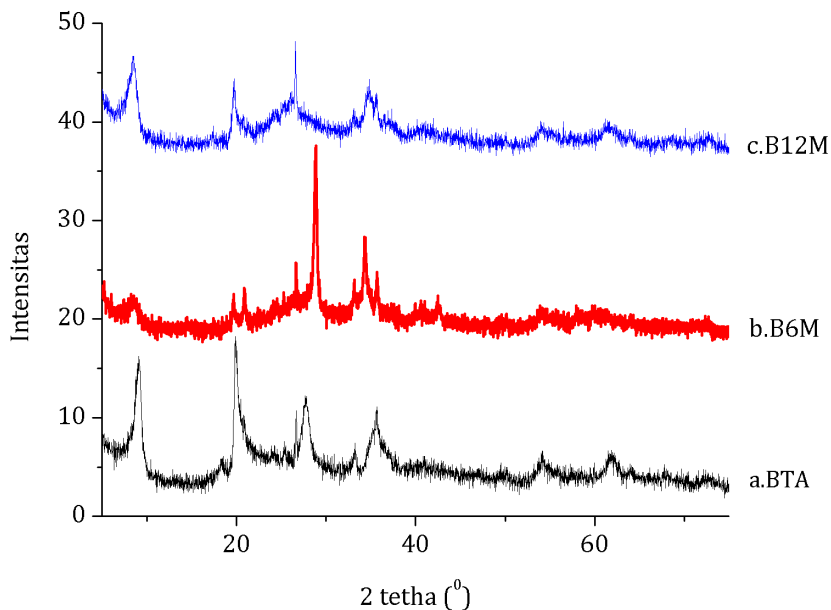
Gambar 4.1 vibrasi ulur Al-O pada bentonit tanpa aktivasi tidak muncul, hal ini disebabkan karena masih tertutupnya permukaan bentonit dengan pengotor-pengotor yang ada pada bentonit. Sedangkan pada spektra bentonit teraktivasi KOH 6 M vibrasi ulur Al-O muncul pada bilangan gelombang  $1495,5\text{ cm}^{-1}$  sedangkan pada bentonit teraktivasi KOH 12 M vibrasi ulur Al-O tidak muncul. Hal ini disebabkan terlalu tinggi konsentrasi aktivator sehingga Al dalam bentonit teraktivasi KOH

12 M mengalami penurunan. Hal ini sejalan dengan laporan penelitian Madejova *et.al.* (1998), dimana peningkatan Al pada lapisan oktahedral pada saat proses aktivasi seiring dengan terjadinya penurunan substitusi Al pada lapisan tetrahedral. Selanjutnya pada gambar 4.1 bentonit tanpa aktivasi mengalami pergeseran bilangan gelombang yang lebih rendah yaitu  $1036,98\text{ cm}^{-1}$  menjadi  $1009,31\text{ cm}^{-1}$  untuk bentonit teraktivasi KOH 6M dan  $1020,63\text{ cm}^{-1}$  untuk bentonit teraktivasi KOH 12M dimana hal ini menunjukkan telah terjadi dealuminasi. Secara spektroskopis dealuminasi dapat diamati pada bilangan gelombang  $300\text{-}1300\text{ cm}^{-1}$  (Sulistiyowati dkk, 2018). Kemudian muncul serapan  $692,5\text{ cm}^{-1}$  dan  $604,08\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya vibrasi tekuk Si-O dan vibrasi tekuk Si-O-Al (Liu zhirong, 2011), namun pada spectrum FT-IR BTK 12M 4.2(c) terbentuk puncak yang kurang tajam. Hal ini menunjukkan adanya kerusakan struktur adsorben diduga karena konsentrasi aktivator yang digunakan pada perlakuan aktivasi terlalu tinggi.

## **b. Hasil analisa XRD dari bentonit**

Analisis mendasar mengenai struktur dan kristalinitas material bentonit dapat dipelajari melalui karakterisasi menggunakan XRD (*X-ray diffraction*) merk *Bruker D2 Phaset 2<sup>nd</sup> Gen*. Data gambar 4.2 dibawah ini menampilkan data kristalinitas bentonit tanpa aktivasi(a), bentonit teraktivasi KOH 6 M(b) dan bentonit teraktivasi KOH 12 M(c).





**Gambar 4.2** Grafik pola XRD dari BTA, B6M,B12M

Dari hasil analisa XRD bentonit tanpa aktivasi dan bentonit teraktivasi KOH, ketiga difaktogram diatas dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini:

**Tabel 4.2** Hasil difaktogram bentonit tanpa aktivasi dan bentonit teraktivasi KOH 6M dan 12 M

BTA		BTK 6M		BTK 12M	
2θ (°)	Basal spacing (Å)	2θ (°)	Basal spacing (Å)	2θ (°)	Basal spacing (Å)
8,647	10,2179	-	-	8,442	10,1570
20,483	4,3324	20,880	4,2510	19,731	4,4957
26,671	3,3396	26,650	3,3422	26,572	3,3518
35,661	2,5156	35,675	2,51472	37,336	2,4065

Berdasarkan gambar 4.2 maupun tabel 4.2 difaktogram bentonit tanpa aktivasi(a) menunjukkan puncak dengan intensitas tinggi pada  $2\theta=9,119^\circ$  ( $d_{hkl}=9,689 \text{ \AA}$ ),  $2\theta=20,483^\circ$  ( $d_{hkl}=4,332 \text{ \AA}$ ). Difaktogram bentonit teraktivasi KOH 6M (b) terdapat pada puncak  $2\theta=19,674^\circ$  ( $d_{hkl}=4,508 \text{ \AA}$ ) dan difaktogram bentonit teraktivasi KOH 12M(c) terdapat pada puncak  $2\theta=7,116^\circ$  ( $d_{hkl}=12,326 \text{ \AA}$ ),  $2\theta=19,731^\circ$  ( $d_{hkl}=4,495 \text{ \AA}$ ). Puncak-puncak tersebut mengindikasikan adanya mineral montmorillonit. Hal ini sesuai dengan ciri khas bentonit, dimana montmorillonit muncul pada puncak  $2\theta=5,78^\circ$ ,  $2\theta=17,27^\circ$ ,  $2\theta=19,9^\circ$  dengan *basal spacing* berturut-turut yaitu  $15,3 \text{ \AA}$ ,  $5,13 \text{ \AA}$ ,  $4,46 \text{ \AA}$  (S.Chegrouche *et al.*, 1997). Disisi lain muncul puncak intensitas rendah pada  $2\theta=26,671^\circ$  ( $d_{hkl}=3,339 \text{ \AA}$ ),  $2\theta=49,518^\circ$  ( $d_{hkl}=1,839 \text{ \AA}$ ) dan  $2\theta=30,918^\circ$  ( $d_{hkl}=2,889 \text{ \AA}$ ) yang mengindikasikan adanya mineral kuarsa dan felspar(Thiry *et al.*, 1983). Berdasarkan data difaktogram yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa bentonit terdiri dari mineral montmorillonit sebagai fasa mineral yang dominan dan mineral lain seperti kuarsa dan felspar.

Perbedaan bentonit teraktivasi KOH dan bentonit tanpa teraktivasi, dapat dijelaskan melalui ketiga grafik difaktogram diatas. Apabila diperhatikan difaktogram XRD pada gambar 4.2 bentonit tanpa aktivasi dengan sudut  $2\theta=8,647^\circ$  mengalami penurunan intensitas sudut sebesar 0,003 untuk bentonit teraktivasi KOH 12M dan bentonit teraktivasi KOH 6 M tidak muncul dalam grafik analisa

XRD. Hal ini disebabkan oleh proses dealuminasi pada proses aktivasi. Pada saat proses dealuminasi Sejumlah atom Al keluar dari kerangka tetrahedral bentonit sehingga bentonit mengalami penurunan kristalinitas. Penurunan kristalinitas ini akan mengakibatkan meningkatnya struktur kristal yang tidak homogen atau lebih amorf.

Tabel 4.2 Dapat dilihat bahwa intensitas sudut  $2\theta=20,483^\circ$  ( $d_{hkl}=4,332 \text{ \AA}$ ) mengalami penurunan intensitas sudut  $2\theta$ , namun terjadi peningkatan *basal spacing* yaitu  $2\theta=19,674^\circ$  ( $d_{hkl}=4,508 \text{ \AA}$ ) pada bentonit teraktivasi KOH 6 M dan  $2\theta=19,731^\circ$  ( $d_{hkl}=4,495 \text{ \AA}$ ) pada bentonit teraktivasi KOH 12 M. Hal ini disebabkan adanya efek pada bentonit akibat aktivasi basa. Aktivator KOH ini menyebabkan kerangka kristal bentonit terbuka dan terjadi pertukaran kation-kation  $Mg^{2+}$  dan  $Al^{3+}$  dengan gugus  $K^+$  dari larutan aktivator KOH pada lembaran oktahedral. Lepasnya Al oleh basa ini berdampak pada kenaikan intensitas kuarsa dikarenakan meningkatnya ikatan Si-O-Si. Semakin tinggi konsentrasi maka kristalinitas bentonit mengalami penurunan (Muhammad dkk, 2018).

Berdasarkan gambar 4.2 Intensitas bentonit tanpa aktivasi  $2\theta=26,671^\circ$  ( $d_{hkl}=3,3396 \text{ \AA}$ ) mengalami pemendekan *basal spacing* menjadi  $2\theta=26,650^\circ$  ( $d_{hkl}=3,3422 \text{ \AA}$ ) untuk bentonit teraktivasi KOH 6M dan  $2\theta=26,572^\circ$  ( $d_{hkl}=3,3518 \text{ \AA}$ ) untuk bentonit teraktivasi KOH 12M. Pemendekan *basal spacing* antara bentonit tanpa aktivasi dengan bentonit teraktivasi KOH 6M kemungkinan disebabkan oleh proses kalsinasi. Pada saat proses kalsinasi maka pengotor yang ada pada permukaan bentonit berkurang sehingga permukaan bentonit menjadi

bersih dan kandungan silika yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan dengan silika yang ada pada bentonit tanpa aktivasi. Perlakuan kalsinasi juga menyebabkan struktur bentonit menjadi lebih homogen yang mengakibatkan kristalinitas dari bentonit teraktivasi meningkat dengan ditandai dengan tajamnya puncak difraktogram. Hal ini didukung dengan hasil analisa FT-IR bentonit teraktivasi KOH 6M dimana setelah perlakuan aktivasi muncul ikatan Si-O dan Si-O-Al pada bilangan gelombang  $692,5 \text{ cm}^{-1}$  dan  $604,08 \text{ cm}^{-1}$ . Namun, apabila diperhatikan gambar 4.2 pada bentonit teraktivasi KOH 12 M kristalinitasnya menurun akibat tingginya konsentrasi aktivator KOH yang menyebabkan sebagian ikatan Si-O-Al terlarut, hal ini didukung dengan data FT-IR pada gambar 4.1 dimana kandungan Si-O dan O-Al pada bilangan gelombang  $692,5 \text{ cm}^{-1}$  dan  $604,08 \text{ cm}^{-1}$  tidak muncul.

### c. Hasil analisa *Gas Sorption Analyzer* Bentonit

Untuk mengetahui luas permukaan dan porositas bentonit dilakukan analisis menggunakan alat *gas sorption analyzer* dengan metode perhitungan BET. Hasil analisa *gas sorption analyzer* dapat dilihat dalam tabel 4.3.

**Tabel 4.3** Hasil analisa *gas sorption analyzer* adsorben

Karakter	BTA	B6M	B12M
Luas Permukaan spesifik ( $\text{m}^2/\text{g}$ )	19,6264	87,2001	62,6497
Volume total pori ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )	0,0392	0,1901	0,1104
Rerata ukuran pori (nm)	3,9975	4,3622	3,5261

Berdasarkan tabel 4.3 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan luas permukaan spesifik pada bentonit. Peningkatan luas permukaan spesifik dan volume total pori pada bentonit teraktivasi basa merupakan akibat interaksi bentonit dengan aktivator yang dapat melepaskan ion  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$  serta pengotor-pengotor lainnya dari kisi-kisi struktur. Pengotor yang hilang inilah yang menyebabkan volume pori meningkat dan kisi kristal menjadi lebih bersih, jari-jari juga meningkat akibat interaksi dengan aktivator basa (Kurniawan, 2008).

Berdasarkan data luas permukaan spesifik padatan terlihat bahwa perlakuan aktivasi menggunakan KOH mampu meningkatkan luas permukaan spesifik padatan. Kenaikan luas permukaan spesifik bentonit tanpa aktivasi dari 19,6264  $m^2/g$  menjadi 87,2001  $m^2/g$  untuk bentonit teraktivasi KOH 6 M dan 62,6497  $m^2/g$  untuk bentonit teraktivasi KOH 12 M. Terjadinya peningkatan luas permukaan spesifik bentonit teraktivasi KOH 6M kemungkinan pori-pori bentonit menjadi lebih teratur dan bebas dari pengotor yang ada pada permukaan bentonit, sedangkan penurunan luas permukaan spesifik bentonit teraktivasi KOH 12 disebabkan oleh tingginya konsentrasi aktivator sehingga terjadi kejenuhan larutan yang mengakibatkan tertutupnya pori-pori bentonit.

Peningkatan luas permukaan spesifik pada bentonit akibat perlakuan aktivasi sejalan dengan meningkatnya pori total dan jejari pori pada bentonit tanpa aktivasi yaitu pada bentonit tanpa aktivasi

volume total pori adalah  $0,0392 \text{ cm}^3/\text{g}$  menjadi  $0,1901 \text{ cm}^3/\text{g}$  untuk bentonit teraktivasi KOH 6M dan  $0,1104 \text{ cm}^3/\text{g}$  untuk bentonit teraktivasi KOH 12M. Sedangkan jejari pori bentonit tanpa aktivasi adalah  $3,9975 \text{ nm}$  menjadi  $4,3622 \text{ nm}$  untuk bentonit teraktivasi KOH 6M dan  $3,5261$  untuk bentonit teraktivasi KOH 12M. Dari tersebut dapat disimpulkan bahwa bentonit teraktivasi KOH mencapai luas permukaan spesifik tertinggi dibandingkan dengan bentonit tanpa aktivasi Hal ini didukung oleh penelitian Erlina dkk pada tahun 2015 tentang pengaruh konsentrasi larutan KOH pada karbon aktif tempurung kelapa untuk adsorpsi logam Cu. Dimana dalam penelitian tersebut variasi konsentrasi aktivator KOH yang digunakan adalah 30%, 40%, 50% dan 60%. Hasil dari penelitian tersebut didapatkan bahwa adsorpsi tertinggi dihasilkan pada konsentrasi 50% dan mengalami penurunan pada konsentrasi KOH 60%. Hal ini dikarenakan pori-pori karbon aktif mengalami kejenuhan sehingga menyebabkan daya adsorpsinya menurun.

Tabel 4.3 menunjukkan rerata ukuran pori pada bentonit tanpa aktivasi dan teraktivasi KOH relatif sama, hal ini mengindikasikan bahwa tidak terjadi perubahan struktur rangka bentonit. Secara umum ukuran pori bentonit terbagi menjadi 3 yaitu mikropori ( $< 1 \text{ nm}$ ), mesopori ( $2-50 \text{ nm}$ ), dan makropori ( $>50 \text{ nm}$ ) (Unger, 1979). Dari data hasil analisa, dapat disimpulkan bahwa ukuran pori bentonit termasuk dalam kategori mesopori.

#### d. Kapasitas Adsorpsi

Penentuan nilai kapasitas adsorpsi bertujuan untuk mengetahui kemampuan bentonit dalam mengikat ion Cu(II). Untuk mengetahui nilai kapasitas adsorpsi, peneliti melakukan uji adsorpsi menggunakan metode *batch*, dimana 1 gram adsorben dicampurkan kedalam larutan ion logam Cu(II) 1000 ppm 50 ml kemudian diaduk menggunakan magnetik stirrer dengan kecepatan 150 rpm pada suhu  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  selama 60 menit. pengadukan ini bertujuan untuk menghomogenkan larutan, agar penyerapan dapat terjadi secara maksimal. Selanjutnya larutan disaring menggunakan penyaring *buchner*, penyaringan ini bertujuan untuk memisahkan filtrat dan endapannya. Kemudian filtrat yang dihasilkan dianalisis menggunakan AAS merk *Perkin Elmer 5100 PC*. Data hasil Analisa menggunakan AAS yang diperoleh dibuat kurva kalibrasi larutan ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  antara absorbansi terhadap konsentrasi larutan ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  sehingga menghasilkan persamaan regresi linier. Persamaan regresi linier tersebut digunakan dalam penentuan konsentrasi larutan sesudah teradsorpsi. Nilai absorbansi larutan disubstitusikan kedalam persamaan garis pada kurva kalibrasi sebagai fungsi  $y$  dan nilai  $x$  sebagai konsentrasi larutan. Nilai konsentrasi akhir larutan kemudian digunakan untuk meentukan nilai kapasitas adsorpsi dengan menggunakan rumus (2.1), sehingga didapatkan nilai kapasitas adsorpsi. Berikut nilai kapasitas adsorpsi bentonit disajikan dalam tabel 4.4 di bawah ini:

**Tabel 4.4** Nilai kapasitas adsorpsi

Jenis Adsorben	Nilai Kapasitas Adsorpsi (mg.g <sup>-1</sup> )
Bentonit tanpa aktivasi	49,014
Bentonit teraktivasi KOH 6M	50,013
Bentonit teraktivasi KOH 12M	49,821

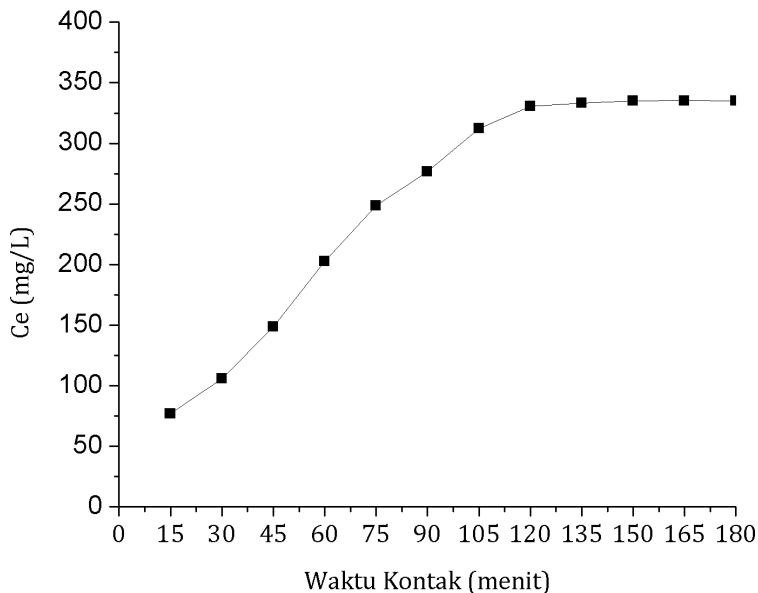
Dari data hasil adsorpsi, didapatkan bahwa bentonit yang teraktivasi KOH 6 M mempunyai kapasitas adsorpsi lebih besar dibandingkan bentonit tanpa aktivasi dan teraktivasi KOH 12 M yaitu 50,013 mg/g. Adanya Proses aktivasi terhadap bentonit menyebabkan kapasitas adsorpsi semakin besar karena proses tersebut telah membersihkan rongga pori bentonit dari molekul air dan oksida logam yang dianggap sebagai pengotor. Rongga-rongga kosong yang terbentuk pada permukaan bentonit dapat memperbesar permukaan aktif sehingga kemampuan adsorpsi menjadi lebih besar. Hal ini didukung dengan hasil analisa luas permukaan bentonit dimana luas permukaan bentonit teraktivasi KOH 6M lebih besar dibandingkan bentonit tanpa aktivasi yaitu 87,2001 m<sup>2</sup>/g. Sedangkan pada bentonit tanpa aktivasi luas permukaan spesifik bentonit hanya 19,6264 m<sup>2</sup>/g, sehingga meningkatnya luas permukaan pori spesifik akan mengakibatkan kapasitas adsorpsi bentonit teraktivasi semakin tinggi. Namun pada bentonit teraktivasi KOH 12M kapasitas adsorpsi mengalami penurunan dari bentonit teraktivasi KOH 6M yaitu 49,821 mg/g. Hal ini disebabkan karena pada konsentrasi yang terlalu tinggi menyebabkan larutan menjadi lewat jenuh dan permukaan gugus



aktif bentonit banyak yang tertutupi sehingga kapasitas adsorpsinya menurun. Hal ini dibuktikan dengan hasil FT-IR dan XRD pada penelitian ini, dimana pada bentonit teraktivasi KOH 12M pita serapan pada bilangan gelombang  $692,5 \text{ cm}^{-1}$  dan  $604,08 \text{ cm}^{-1}$  tidak muncul vibrasi Si-O dan Si-O-Al. Sedangkan pada analisa XRD bentonit teraktivasi KOH 12 M terjadi penurunan kristalinitas pada bentonit akibat tingginya konsentrasi aktivator.

#### **e. Penentuan Waktu Kontak Optimum dan Kinetika Adsorpsi**

Dari hasil nilai kapasitas adsorpsi dan hasil karakterisasi antara bentonit tanpa aktivasi, bentonit teraktivasi KOH 6M dan bentonit teraktivasi KOH 12M. Didapatkan bahwa bentonit teraktivasi KOH 6M mempunyai nilai kapasitas adsorpsi lebih besar daripada jenis adsorben lain. Sehingga adsorben ini digunakan untuk menentukan waktu optimum interaksi dengan adsorbat yang ditentukan melalui metode *batch*. Dimana 1 gram bentonit teraktivasi KOH 6M dicampurkan kedalam 50 ml larutan ion logam Cu(II) 1000 ppm. Diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan suhu  $25 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ . Tujuan pengadukan ini agar larutan menjadi homogen secara sempurna. Untuk mengetahui waktu kontak optimum adsorben, maka dalam penelitian ini dilakukan variasi waktu interaksi yaitu 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165, dan 180 menit. Hasil dari interaksi ini kemudian dianalisa menggunakan AAS sehingga didapatkan grafik hubungan antara waktu kontak dengan konsentrasi akhir larutan ion Cu(II) yang teradsorp.



**Gambar 4.3** Grafik penentuan waktu optimum

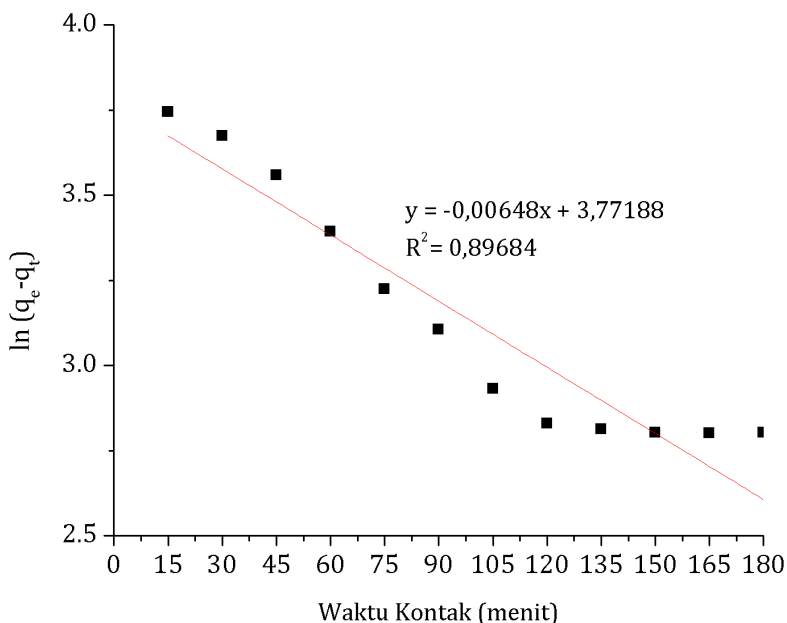
Dari grafik didapatkan bahwa pada menit ke 15 dan 30 menit, jumlah ion Cu(II) yang teradsorpsi sedikit karena waktu interaksi antara ion Cu(II) dengan situs aktif pada adsorben relatif kecil. Tetapi menit ke 120 hingga 180 jumlah ion logam Cu(II) yang teradsorpsi relatif konstan karena telah terjadi kesetimbangan adsorpsi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa menit ke 120 merupakan waktu optimum interaksi adsorben dengan adsorbat.

## **Kinetika Adsorpsi**

Kajian kinetika adsorpsi bertujuan untuk mengetahui laju adsorpsi yang terjadi pada bentonit teraktivasi terhadap logam Cu(II). Pengujian laju reaksi dalam penelitian ini diawali dengan penentuan orde reaksi. Untuk mengetahui orde reaksi hasil penelitian ini, maka peneliti melakukan uji coba 2 jenis orde reaksi yaitu pseudo orde satu dan pseudo orde dua.

### **Kinetika pseudo orde satu**

Persamaan kinetika yang digunakan dalam mencari nilai orde reaksi satu semu yaitu  $\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 t$ . Dengan  $q_e$  dan  $q_t$  berturut-turut adalah jumlah adsorbat yang teradsorpsi ( $\text{mg g}^{-1}$ ) pada keadaan kesetimbangan dan pada saat  $t$  (menit/jam/detik) dan  $k_1$  adalah konstanta adsorpsi orde satu semu. Hasil kinetika *pseudo* orde satu pada variasi waktu kontak dilakukan dengan membuat grafik  $\ln(q_e - q_t)$  vs waktu kontak. Dimana  $\ln(q_e - q_t)$  sebagai fungsi  $y$  dan nilai  $x$  sebagai variasi waktu kontak sehingga hubungan kedua variabel ini akan menghasilkan regresi linier seperti gambar grafik 4.4 di bawah ini.

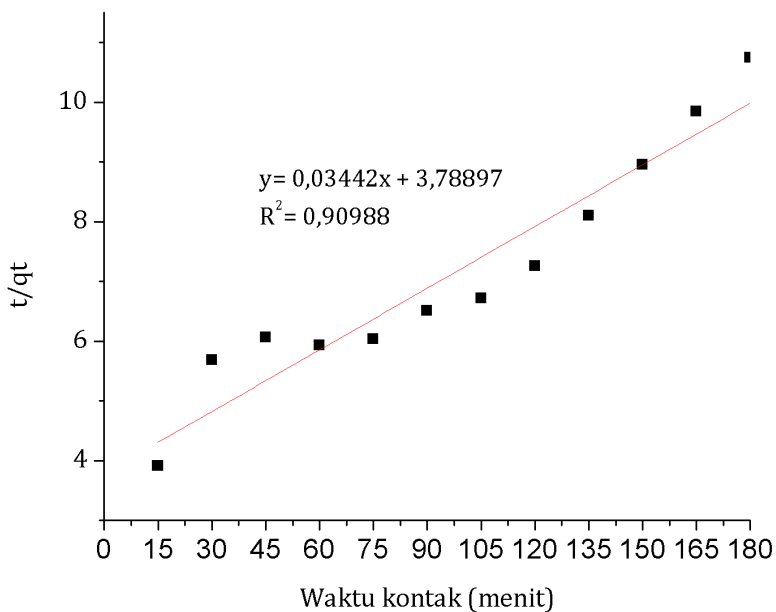


**Gambar 4.4** Grafik kurva kinetika pseudo orde satu pada adsorpsi bentonit teraktivasi KOH 6 M terhadap ion  $\text{Cu}^{2+}$ .

### Kinetika *pseudo* orde dua

Persamaan kinetika yang digunakan dalam mencari nilai orde reaksi satu dua yaitu  $t/q_t = 1/k_2q_e^2 + t/q_e$ . Dengan  $q_e$  dan  $q_t$  berturut-turut adalah jumlah adsorbat yang teradsorpsi ( $\text{mg g}^{-1}$ ) pada keadaan kesetimbangan dan pada saat  $t$  (menit/jam/detik) dan  $k_2$  adalah konstanta laju adsorpsi ( $\text{g mg}^{-1} \text{men}^{-1}$ ). Hasil kinetika *pseudo* orde dua pada variasi waktu kontak dilakukan dengan membuat grafik  $t/q_t$  vs waktu kontak. Dimana  $t/q_t$  sebagai fungsi  $y$  dan nilai  $x$  sebagai variasi

waktu kontak sehingga hubungan kedua variabel ini akan menghasilkan regresi linier seperti gambar grafik 4.5 di bawah ini.



**Gambar 4.5** Grafik kurva kinetika pseudo orde dua pada adsorpsi bentonit terhadap ion  $\text{Cu}^{2+}$ .

Dari kedua grafik diatas telah dihasilkan koefisien determinasi ( $R^2$ ) dan konstanta laju reaksi ( $k$ ) yang dapat dilihat pada tabel 4.5 dibawah ini.

**Tabel 4.5** Orde pada variasi waktu kontak

Keterangan	Pseudo Orde 1	Pseudo Orde 2
Nilai $R^2$	0,8968	0,9098
Konstanta laju reaksi ( $k$ )	$6,48 \times 10^{-3}$	$9,08 \times 10^{-4}$

Dari data yang didapatkan, dapat disimpulkan bahwa adsorpsi bentonit teraktivasi KOH 6 M terhadap logam Cu(II) pada penelitian ini mengikuti model kinetika orde 2 dengan  $k = 9,08 \times 10^{-4} \text{ g mg}^{-1} \text{ menit}^{-1}$  dan  $R^2 = 0,90983$ .

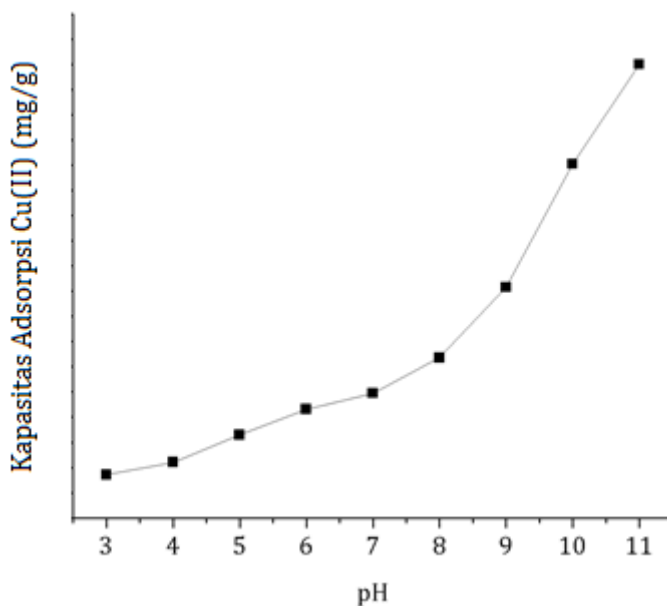
Berdasarkan data yang diperoleh, proses adsorpsi dalam penelitian ini mengikuti pseudo orde reaksi 2, dimana untuk mencari nilai laju reaksinya menggunakan rumus  $v = k[\text{Cu}^{2+}]^2$ . Karena persamaan laju reaksi didefinisikan dalam bentuk konsentrasi reaktan maka dengan naiknya konsentrasi maka naik pula kecepatan reaksinya, Artinya semakin tinggi konsentrasi, semakin banyak partikel-partikel yang bertumbukan sehingga kecepatan reaksi juga meningkat. Harga konstanta kinetika (k) dapat diperoleh melalui hasil kurva waktu kontak vs  $t/q_t$  pada tabel 4.6 dibawah ini.

**Tabel 4.6** Kinetika adsorpsi

Co	Konstanta laju reaksi (k)	Orde	Laju reaksi (v)
1000 ppm	$9,08 \times 10^{-4} \text{ g.mg}^{-1} \text{ menit}^{-1}$	2	908 ppm/menit

#### f. Penentuan pH Optimum pada larutan adsorbat

Salah satu faktor penting yang mempengaruhi kapasitas adsorpsi adalah pH larutan adsorbat, karena pH akan mempengaruhi muatan permukaan adsorben (Riapanitra *et al.*, 2006). Pada penelitian ini digunakan variasi pH 3,4,5,6,7,8,9,10, dan 11 pada larutan Cu(II) 1000 ppm, volume 50 mL dan waktu kontak 120 menit. Hasil pengamatan yang dihasilkan dapat dilihat melalui grafik 4



**Gambar 4.6** Grafik variasi pH dan % Cu(II) teradsorp

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa bertambahnya pH larutan menyebabkan terjadinya peningkatan penurunan logam Cu(II). Hasil penelitian ini pH optimum terjadi pada kondisi basa yaitu 11 dengan kapasitas adsorpsi sebesar 49,999 mg/g. Secara teoritis pH optimum untuk spesies Cu(II) terjadi pada pH 5 (Andreas, 2006), sedangkan menurut Vogel (1986) pada pH 6-8 spesies Cu(II) membentuk endapan dalam larutan. Berdasarkan hasil perhitungan antara nilai  $K_{sp}$  dan  $Q_c$  menunjukkan bahwa pada pH 6-11 mulai terbentuk endapan. Akan tetapi data riset ini belum dapat ditentukan sebagai pH optimum.

## BAB 5

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan uraian pembahasan diatas perihal uji adsorpsi bentonit terhadap ion logam berat Cu(II) dapat disimpulkan bahwa:

1. Aktivasi KOH pada bentonit mempengaruhi hasil karakteristik bentonit. Dimana muncul ikatan Si-O-Al dan Si-O-Si pada serapan panjang gelombang  $692,5 \text{ cm}^{-1}$  dan  $604,08 \text{ cm}^{-1}$  pada analisa FTIR. Kemudian terjadi penurunan intensitas sudut  $2\theta$  sebesar  $0,809^\circ$  pada difaktogram XRD. Hasil GSA menunjukkan terjadinya peningkatan luas permukaan spesifik akibat proses aktivasi yaitu  $19,6264 \text{ m}^2/\text{g}$  menjadi  $87,2001 \text{ m}^2/\text{g}$ .
2. Konsentrasi aktivator terbaik pada adsorben bentonit adalah 6 M dengan kapasitas adsorpsi  $50,013 \text{ mg.g}^{-1}$ .
3. Bentonit teraktivasi KOH menyebabkan terbentuknya senyawa silikat sehingga gugus  $\text{OH}^-$  pada permukaan bentonit semakin meningkat. Ketika Permukaan luas bidang kontak yang semakin besar dan pembentukan muatan permukaan bentonit yang lebih negatif akan menghasilkan kapasitas adsorpsi ion Cu(II) yang lebih baik.
4. Nilai optimum waktu kontak adsorben terhadap ion Cu(II) adalah 120 menit. Model kinetika adsorpsi ion Cu(II) oleh bentonit teraktivasi KOH 6 M mengikuti proses adsorpsi orde dua semu yang ditandai dengan nilai determinasi paling tinggi



yaitu 0,9098 dan memiliki  $k_{ads}$  sebesar  $9,08 \times 10^{-4} \text{ g.mg}^{-1} \text{ menit}^{-1}$ .

## **B. Saran**

Untuk penelitian berikutnya, peneliti menyarankan perlu adanya pengkajian lebih lanjut variasi konsentrasi aktivator bentonit untuk menyerap ion Cu(II) dan pada penelitian selanjutnya melakukan variasi konsentrasi adsorbat dan suhu untuk mengetahui bentuk dan jenis isotherm adsorpsinya serta melakukan uji variasi pH karena data peneliti belum bisa dijadikan sebagai pH optimum, kemudian perlu dilakukan uji analisa FT-IR sesudah adsorpsi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ackley, M.W., Rege, S.U., and Saxena, H., (2003), "Application of natural zeolites in the purification and separation of gases", *Journal microporous and mesoporous materials*, 61.pp.25-42.
- Afsin. B., Eren. B., (2007), "An investigation of Cu(II) adsorption by raw and acid-activated bentonite: A combined potentiometric, thermodynamic, XRD, IR, DTA study", *Journal of Hazardous Materials*, Vol.151, hal 682-691.
- Alberty R. A., (1990), *Kimia Fisika*, Erlangga, Jakarta.
- Al-Shahrani, S.S., (2013), "Treatment of wastewater contaminated with cobalt using Saudi activated bentonite", *Journal of Alexandria Engineering*, Vol.53, hal 205-211.
- Andreas, Roy., (2006), "Karakteristik Adsorpsi Tembaga (II) pada Humus dalam Medium Air Tawar", Vol.1 No.1.
- Apriani, Ririn., Diah Faryuni, Irfana, Wahyuni, Dwiria., (2013), "Pengaruh Konsentrasi Aktivator Kalium Hidroksida (KOH) terhadap Kualitas Karbon Aktif Kulit Durian sebagai Adsorben Logam Fe pada Air Gambut", Universitas Tanjungpura, Vol.I, No.2, hal.82-86.
- Araga, Ramya., Soni S., S. Sharma C, (2017), "Fluoride Adsorption from Aqueous Solution using Activated Carbon Obtained from KOH-treated Jamun (*Syzygium cumini*) Seed", *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5(6), 5608-5616.
- Ariesta L., Rosalina., Muchlisiyah, Rukmi P., Widya, Dwi., (2017), *Kimia Fisik Pangan*, Universitas Brawijaya Press, Malang.
- Ariyani. P.A.R., R.P. Eka., R. Fathoni., (2017), " Pemanfaatan kulit singkong sebagai bahan baku arang aktif dengan variasi konsentrasi NaOH dan suhu", 6(1): 7-10.

- Asdullah, Kaewsichan, Lupong, Tohdee, Kanogwan., (2018), "Enhancement of adsorption efficiency of heavy metal Cu(II) and Zn(II) onto cationic surfactant modified bentonite", *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(2), 2821-2828.
- Basta, A. H., Fierro, V., El-Saied H., & Celzard, A., (2009), "2-steps KOH activation of rice straw: An efficient method for preparing high-performance activated carbons", *Journal of Bioresource Technology*, 100(17), 3941-3947.
- Basset, J., R.C. Denney, G.H. Jeffrey, J.Mendhom, (1994), *Buku Ajar Vogel Kimia Analisa Kuantitatif Anorganik*, EGC, Jakarta.
- Bates RE & Jackson JA ed., (1987), *Glossary of geology, 3rd ed.*, Alexandria, Virginia, American Geological Institute.
- Biyatmoko, D., Hadie, J., Ilham, W., Megasari R., (2012), "Identifikasi keragaman jenis bakteri pada proses pengolahan limbah cair industri minuman dengan lumpur aktif limbah tahu", Universitas Lambung Mangkurat. Vol.8, hal.89-101.
- Bridley, G.W., and Brown, G., (1980), "Crystal structure of clay minerals and their X-ray identification", Mineralogical society, London.
- Bruice, P. Y., (2001), *Organic Chemistry*, Prentice Hall International, Inc., New Jersey.
- Chao, C., Hui K. S., Kot S., (2005), "Removal of mixed heavy metal ions in wastewater by zeolite 4A and residual products from recycled coal fly ash", *Journal of Hazardous Materials*, 127(1-3), 89-101.
- Cotton, F.A., Wilkinson, G., (1980), *Advanced Inorganic Chemistry*. Collage Station, London.
- Dacriyanus, (2014), *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi*, LPTIK, Universitas Andalas.

- Darmono, (1995), *Logam Berat dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Dayana, Indri., Timbangan S., Martha R., (2019), *Alat Penguji Material*, Guepedia.
- Day, R. A., Underwood, (1986), *Quantitative Analysis*. Edisi keenam, Prentice Hall. Inggris.
- Destyorini, Fredina., Indayaningsih, Nanik., Subhan, Achmad., Suhandi, Andi., (2010), "Pengaruh Suhu Karbonisasi terhadap Struktur dan Konduktivitas Listrik Arang Serabut Kelapa", Pusat Penelitian Fisika-LIPI, Vol.10, No.2.
- Diao, Y., Walawander, W.P., Fan, L.T. (2002), "Activated carbon prepared from phosphoric acid activation of gain sorghum", *Journal of Bioresource Technology*, 81(1), 45-52.
- Fahrudin, (2018), *Pengelolaan Limbah Pertambangan Secara Biologis*, Celebes Media Perkasa
- Frederico, G.A., Ana M.X., (2010), "In-situ FTIR analyses of bentonite under high-pressure", *Applied Clay Science*, 202-208
- Geil, M., (1987), *Untersuchungen der physikalischen und chemischen*. IU, Braunschweig.
- Ginting, Simparmin Br., Nurfiqah, M.Yassien., (2018), "Sintesis Zeolit A dari Coal Bottom Ash dengan Metode *Step Change Of Synthesis Temperature* dengan Variasi Suhu Kalsinasi Diaplikasikan untuk Dehidrasi Etanol", Universitas Lampung, Vol.9, No.1.
- Grim, R.E., Guven, N., (1978), *Bentonites-Geology, Mineralogy, Properties and Use*, Elsevier, Amsterdam.
- Gregg, S.J., Sing, K.S.W., (1982), *Adsorption Surface Area and Porosity*, Edisi 2, Academic Press, London.

- Halada, K., Shimada, M. and Ijima, K., (2008), "Forecasting of the consumption of metals up to 2050", *Mater Transac.*, 49(3),402-410.
- Hanudin Eko., S.T.Sukmawati., Bostang R., Nasih W.Y., (2019), "The Effect of Humic Acid and Silicic Acid on P Adsorption by Amorphous Minerals", *Environmental Science*, 402-409.
- Hardyanti, Sri., Isni N, Dyan S.H.P.HP., Evalisa., Emas A.P., (2017), "Pemanfaatan Silika dan Bentonit sebagai Adsorben Logam Berat Fe pada Limbah Batik", *Jurnal Sains Terapan*. Vol.3 No.2.
- Hawley, (1981), *Condensed Chemical Dictionary*, Eleventh ed. Van Nortrand Reinhold, New York.
- Helbert N, Jhonston., (1961), *Modified Shellac Coatings*, United States Patents No. 2.991.262,
- Hidajati, Nurul., Indah, Dewi., Mega, Twilana., (2012), "Peningkatan mutu minyak goreng curah menggunakan adsorben bentonit teraktivasi", Universitas Negeri Surabaya, Vol.1, No.2.
- Irawan, Candra., (2015), "Pengaruh massa adsorben, lama kontak, dan aktivasi adsorben menggunakan HCl terhadap efektivitas penurunan logam berat (Fe) dengan menggunakan abu layang sebagai adsorben", Politeknik Negeri Balikpapan, Vol.3, No.2.
- Inglezakis, Vassilis J., Pouloupoulos, Sravos., (2006), *Adsorption, Ion Exchange, and Catalysis: Design of Operations and Environmental Applications*, Elsevier Science.
- Jiang, N., Shang, R., Heijman, S.G.J., & Rietveld, L.C., (2018), "High-silica zeolites for adsorption of organic micro-pollutants in water treatment: A review", *Water Research*, 144, 145-161.
- Johnson, E.G.G., Sazmal E., Arshad., (2014), "Hydrothermally synthesized zeolites based on kaolinite : A review", *Applied Clay Science*, 215-221.

- Kubilay, S., Gurkan, R., Savran, A., and Sahan, T., (2006), Removal of Cu(II), Zn(II) and Co(II) ions from aqueous solutions by adsorption onto natural bentonit”, *Adsorption*, 13,41-51.
- Kurniawan, D., (2008), “Modifikasi Bentonit menjadi Organoclay dengan Metode Ultrasonik sebagai Absorben P-Klorofenol dan Hidrokuinon”, Skripsi Jurusan Kimia FMIPA.
- Lagergren, S., (1898), “*About the theory of so-called adsorption of soluble substance*”, Kungliga Svenska Vetenskapssocieteten, Handlingar, 24(4), 1-39.
- Li, Jinxiao., Li, Ming., Li, Shijie., Lu, Chunmei., Han, Kuihan., (2018), “Preparation and characterization of super activated carbon produced from gulfweed by KOH activation”. *Journal of Electrochemical Science*.243, 291-300.
- Madejova, J., Bujda K., Janek, J., Komandl P., (1998). “Comparative FT-IR study of the structural modification during acid treatment of dioctahedral smectites and hectorite”, *Spectrochimica Acta A*, 54, 1397-1406.
- Meilita, T.S., Tuti, S.S., (2003), “Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya”, *Skripsi*, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Montoya, V. H., (2014), *Thermal Treatments and Activation Procedures Used in the Preparation of activated carbon*. Mexico.
- Muhammad T.H., Irwan N., (2018), “ Kajian Kinerja Ca-Bentonit Kabupaten Pacitan-Jawa Timur Teraktivasi Asam Sulfat sebagai material Lepas Lambat (*Slow Release Material*) Pupuk Organik Urin Sapi, UIN Sunan Kalijaga, Vol.1.No.1.
- Ngapa, Yulius D., (2017), “Kajian Pengaruh Asam-Basa pada Aktivasi Zeolit dan Karakterisasinya sebagai Adsorben Pewarna Biru Metilena”, Universitas Flores.

- Nugraha S., dkk, (2017), *Pemanfaatan Bentonit Teraktivasi HCl sebagai Adsorben ion logam Cd(II)*, UNNES.
- Okwara C.A., Osaka E.C., (2006), *Causatic Activation of Local Clays for Palm oil Bleaching*.
- Palar, H., (2008). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, Cetakan Keempat. PT.Rineka Cipta, Jakarta.
- Parker SP ed., (1988), *Geological Scienses*, 2nd ed. McGraw-Hill, New York.
- Praeoturius, Steffen., Schober, Britta., (2017), *Bentonite Handbook*, Ernst & Sohn, Berlin.
- Prasetiowati, Yuni., (2014), "Kapasitas adsorpsi bentonit teknis sebagai adsorben ion Cd<sup>2+</sup>", Universitas Negeri Surabaya
- Porta, C.D., (2011), *Industrial Treatments and Modification of clay minerals*, John Wiley&Sons, Inc. Published.
- Pusch, Roland., (2015), *Bentonite Clay; Environmetal Properties and Applications*, CRC Press, New York.
- R.E. Smallman and R.J. Bishop., (1999), *Modern physical metallurgy and materials engineering*, Hill International Book Company, New York.
- Riapanitra, Anung., Tien S., Kapti R., (2006), "Penentuan waktu optimum dan pH optimum penyerapan metilen biru menggunakan abu sekam padi", Unsoed, Purwokerto.
- R.Pawar, Randhesyam., Lalmunsiama, Hari C.B., Seung M.L., (2016), "Activated bentonite as a low-cost adsorbent for the removal of Cu(II) and Pb(II) from aqueous solutions: Batch and Column studies", *Journal of industrial and engineering chemistry*, 213-223.

- S.Chegrouche, A.Mellah., S.Telmoune., (1997), "Removal of lanthanum from aqueous solutions by natural bentonite", *Elvesier Science*. Vol.31. No.7,pp.1733-1737.
- Sadeghi, G., Schijven, J.F., Behrends, T., Hassanizadeh, S.M., Van Genuchten, M.T., (2013), "Bacteriophage PRD1 Batch Experiments to Study Attachment, Detachment and Inactivation Processes", *J. Contam. Hydrol.* 152,12-17.
- Schijven, J.F., Hassanizadeh, S.M., Dowd, S.E., Pilai, S.D., (2000), "Modelling Virus Adsorption in Batch and Column Experiment", *Quant. Microbiol.* 2(1). 5-20.
- Sen Gupta, S., & Bhattacharaya, K.G., (2008), "Immobilization of Pb(II), Cd(II), Ni (II) ions on kalinite and montmorillonite surfaces from aqueous medium", *Journal of Environmental Management.* 87(1)46-58.
- Setiabudi, Agus., Rifan H., Ahmad M., (2012), *Karakterisasi Material; Prinsip dan Aplikasinya dalam Penelitian Kimia*, UPI Press, Bandung.
- Setianingsih, Tutik., (2018), *Karakterisasi Pori dan Luas Muka Padatan*, Universitas Brawijaya Press, Malang.
- Silverstain, R.M., dan Bassler, G.C., (1967), *Spectrometric Identification of Organic Compounds, Second Edition*, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Suhendrayatna, (2001), *Bioremoval Logam Berat Dengan Menggunakan Mikroorganisme: Suatu Kajian Kepustakaan*, ITB, Bandung.
- Sulistyowati N., Sriyanti, Adi D., (2018), "Effect of Acid on Natural Zeolite Dealumination on Indigo Carmine Adsorption Capability", *Journal of Science and Applied Chemistry.* 21(2),102-106.



- Sun, Zengqing, Vollpracht, Anya., (2018). "Isothermal calorimetry and in-situ XRD study of the NaOH activated fly ash, metakaolin and slag". *Cement and Concrete Research*.
- Sumantri, Arif., (2017), *Kesehatan Lingkungan*, Kencana, Depok.
- Supeno, Minto. 2009. *Bentonit terpillar dan aplikasi: Kimia Anorganik*, Cetakan Pertama, USU Press.
- Sperling, M.V., (2007), "Activated Sludge and Aerobic Biofilm Reaktor", *Departement of Sanitary and Enviroment Engineering, Federal University of Minas Gerais, Brazil*.
- Syracuse, (1990), *Toxicological profile for copper*, Dept of Health Human Service.
- Thirty M., Forette N., and Shimtt J.M. (1983), *Tecnique de Difraction X et Interprertation des Diagrammes*, E.N.S.M Paris.
- Tim Kajian Batubara Nasional, kelompok Kebijakan Mineral dan Batubara, (2006), *Batubara Indonesia*. Pusat Litbang Teknologi Mineral dan Batubara.
- Toor, Manjot., Bo Jin., Sheng Dai, Vipasiri V., (2015), "*Activating natural bentonite as a cost-effective adsorbent for removal of congo-red in wastewater*". University of Adeilade, Australia
- Tuddenham EG, (1978), *Copper DN, The molecular genetics of haemostatis and its inherited disorders*, Oxford University Press, New York.
- Unger, K.K., (1979), *Porous Silica*, Elsevier Scientific Publishing Company, Oxford.
- Vajihe N., (2019), "Adsorption capacity of heavy metal ions using sultone-modified magnetic activated carbon as bio-adsorbent", *Materials Science and Engineering*, 42-52.

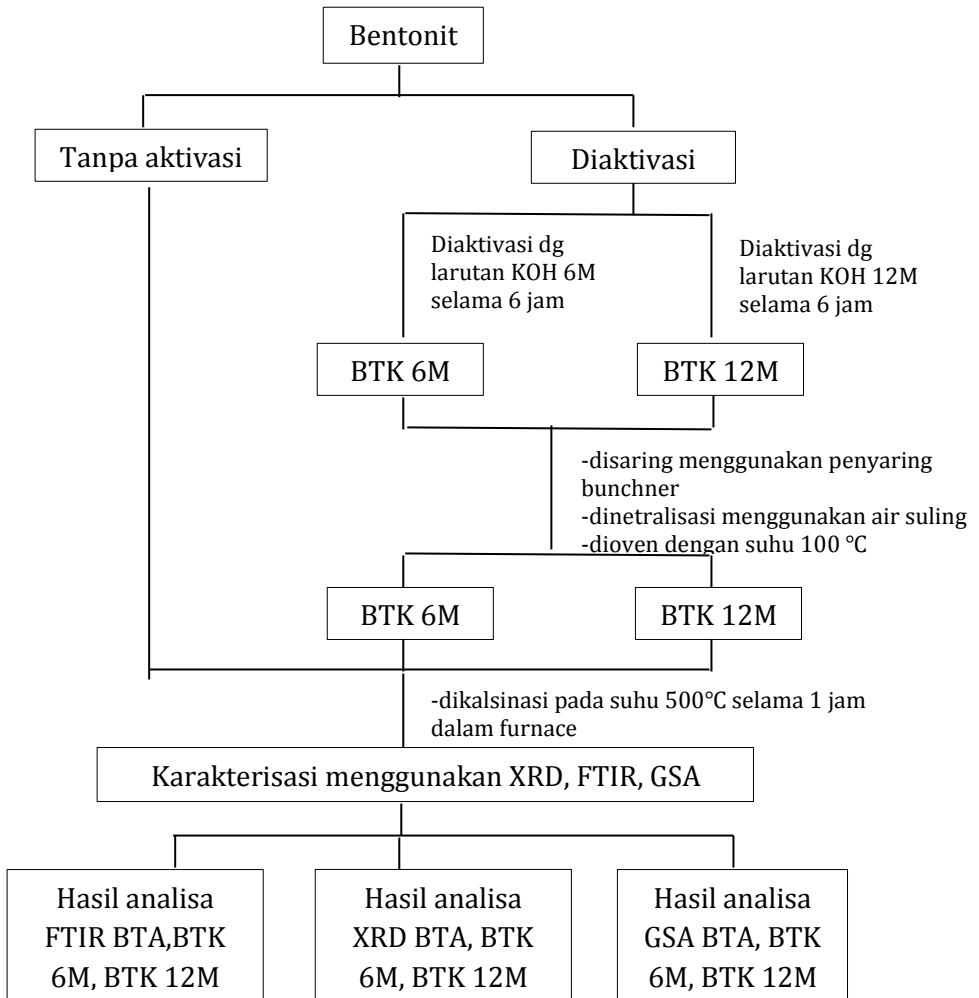
- Vellaichanny S., Ventkatiswaran P., Palanivelu K., (2007). "Speciation of heavy metals in electroplating industry sludge and wastewater residue using inductively coupled plasma", *Journal of Environmental Science*.
- Vogel, A.I., (1986), *Textbook of Quantitative Chemical Analysis*, Fifth Edition, Revised by G.H Jeffery, J Basset, j Mendham, R.C Denney, Logman Scientific & technical Copublished with John Wiley & Sons, Great Britain.
- Wahyuni, Suci., (2010), "Adsorpsi Ion Logam Zn(II) pada Zeolit A yang di Sintesis dari Abu Dasar Batubara PT. IPMOMI palton dengan Metode Batch", *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Kimia, FMIPA ITS, Surabaya.
- Wang Xiaoyu, Orhan O., Marc A.H., Anh V.N., Duong D.Do., (2012), "The effect of zeolite treatment by acids on sodium adsorption ratio of coal seam gas water", Elsevier, 5247-5254.
- Widowati, Wahyu, dkk., (2008), *Efek Toksik Logam*, ANDI, Yogyakarta.
- Wijaya, B., (2003), "Studi Pengetesan Lempung Bentonit teraktivasi". *Jurnal Kimia*.
- Windholz, M., Budavari, S., Blumetti, R.F., and Otterbein, E.S., Eds., *The Merck Index*. 10th ed (Rahway, NJ: Merck, 1983), 1463p.
- Worch, Eckhard., (2012), *Adsorption Technology in Water Treatment : Fundamentals, Processes, and modeling*, De Gruyter , German.
- Yates, M.V., Yates, S.R., Wagner, J., Gerba, C.P., (1987). "Modelling Virus survival and transport in the subsurface", *J. Contam. Hydrol.* 1(3), 329-345.
- Yoshio, Matsubara., Waseda, et al., (2011), *X-Ray Diffraction Analysis*, Springer Heidelberg, London.

Zhirong, Liu., Md.Azhar U., Sun Zhanxue., (2011), "FT-IR and XRD analysis of natural Na-bentonit and Cu(II)-loaded Na-Bentonite", *Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 1013-1016

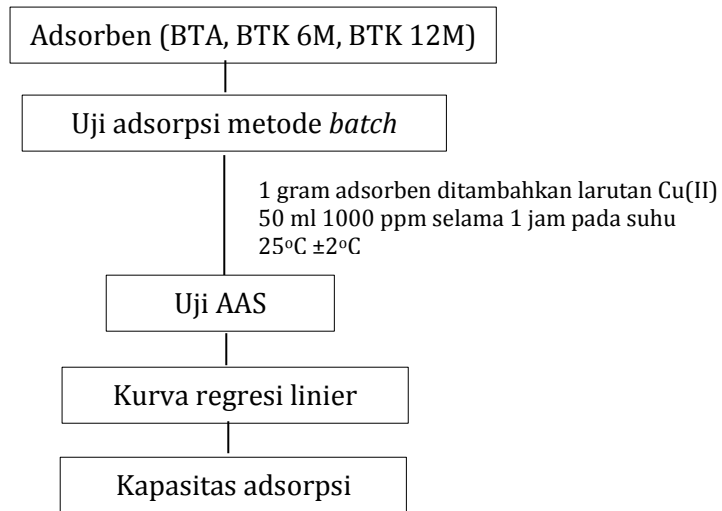
## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Skema Prosedur Penelitian

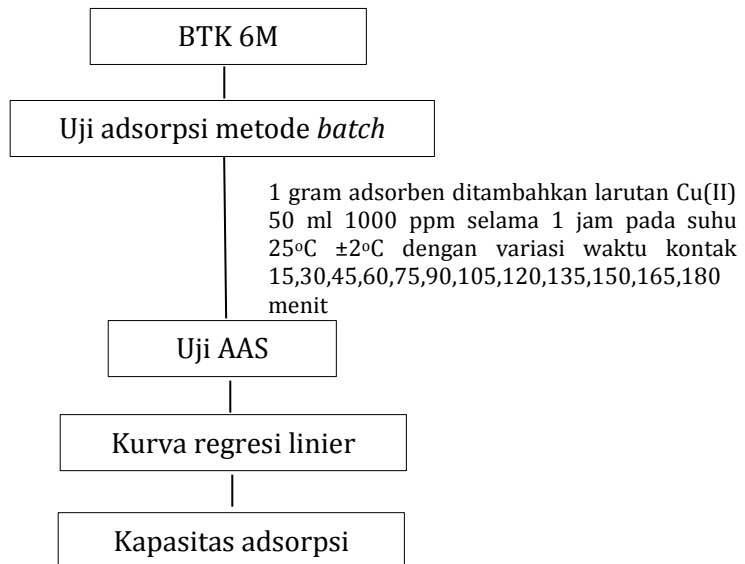
- a. Sintesis dan karakterisasi adsorben (Bentonit tanpa aktivasi, bentonit teraktivasi KOH 6M, dan bentonit teraktivasi KOH 12M)



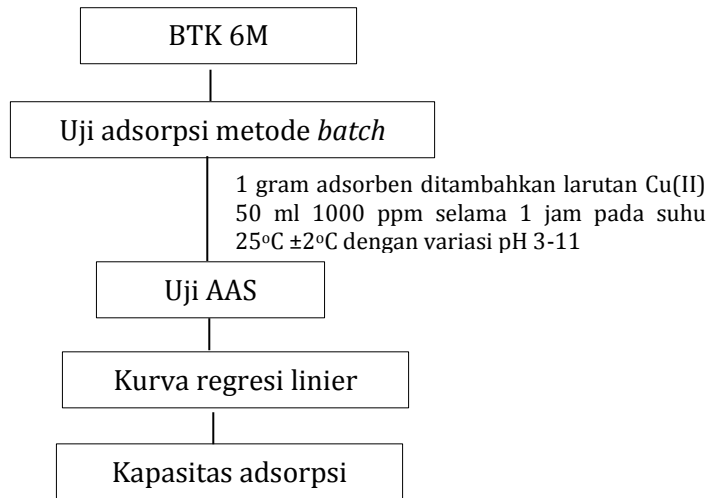
**b. Uji adsorpsi adsorben (Bentonit tanpa aktivasi, bentonit teraktivasi KOH 6M, dan bentonit teraktivasi KOH 12M)**



**c. Penentuan waktu optimum menggunakan adsorben terbaik (yaitu bentonit teraktivasi KOH 6M).**



**d. Penentuan pH optimum menggunakan bentonit teraktivasi KOH 6M**

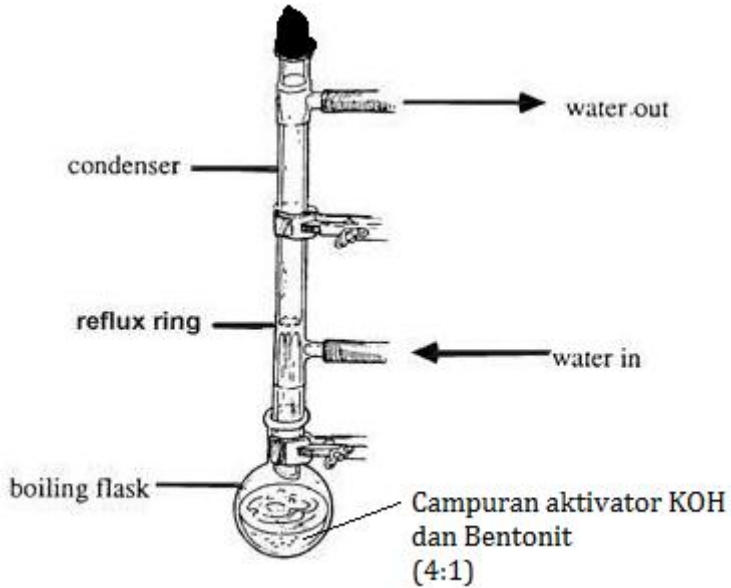


## Lampiran 2. Gambar proses penelitian

### a. Bentonit sebelum diaktivasi



### b. Aktivasi menggunakan refluks



### c. Penyaringan



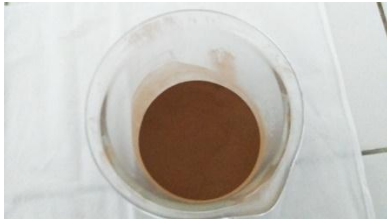
**d. Bentonit dikeringkan dengan oven**



**e. Bentonit dikalsinasi menggunakan furnace**



**f. Bentonit setelah diayak**



**g. Uji adsorpsi menggunakan metode batch**





## h. Penyaringan

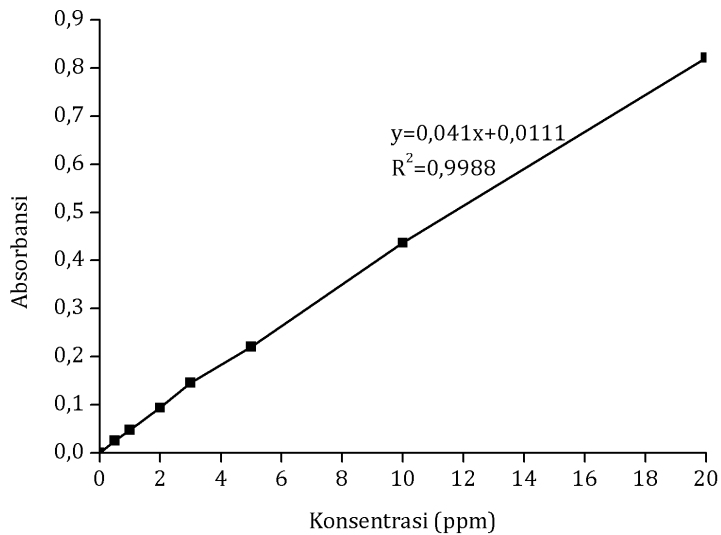


### Lampiran 3. Perhitungan kapasitas adsorpsi BTA, BTK 6M, dan BTK 12M

**Tabel 1.** Data kurva kalibrasi larutan standart

<b>C<sub>o</sub> (mg/L)</b>	<b>Abs</b>
0 (blank)	0,0002
0,5	0,0257
1	0,0478
2	0,0937
3	0,1455
5	0,2203
10	0,4361
20	0,8210

Data hasil data pada Tabel 1, didapat grafik sebagai berikut:



**Gambar 1.** Kurva kalibrasi larutan standart

**Tabel 2.** Data hasil analisa adsorpsi ion  $\text{Cu}^{2+}$  oleh bentonit tanpa aktivasi dan bentonit teraktivasi KOH

Jenis Adsorpsi	Co (mg/L)
Bentonit tanpa teraktivasi	19,6707
Bentonit teraktivasi KOH 6 M	< 0,0005
Bentonit teraktivasi KOH 12M	3,5049

**Tabel 3.** Perhitungan kapasitas adsorpsi ion  $\text{Cu}^{2+}$  oleh bentonit tanpa aktivasi dan bentonit teraktivasi 6 M dan 12 M.

Jenis Adsorben	Nilai Kapasitas Adsorpsi (mg.g <sup>-1</sup> )
Bentonit tanpa aktivasi	49,014
Bentonit teraktivasi KOH 6M	50,013
Bentonit teraktivasi KOH 12M	49,821

Banyaknya adsorbat yang terserap dapat dicari melalui persamaan 2.1

$$q = \frac{(C_0 - C_e)V}{m}$$

- a. Bentonit tanpa aktivasi dengan nilai A= 0,8176

$$q = \frac{\left(1000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} - 19,6707 \frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) 0,05\text{L}}{1 \text{ g}} = 49,016465 \text{ mg.g}^{-1}$$

- b. Bentonit teraktivasi KOH 6M dengan nilai A= 0,0001

$$q = \frac{\left(1000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} - (-0,2683 \frac{\text{mg}}{\text{L}})\right) 0,05\text{L}}{1 \text{ g}} = 50,013415 \text{ mg.g}^{-1}$$

- c. Bentonit teraktivasi KOH 12M dengan nilai A=0,1548

$$q = \frac{\left(1000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} - 3,5049 \frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) 0,05\text{L}}{1 \text{ g}} = 49,824755 \text{ mg.g}^{-1}$$

## Lampiran 4. Kinetika adsorpsi

### a. Pseudo Orde Satu

**Tabel 4.** Data perhitungan hasil kinetika pseudo orde satu pada adsorpsi ion  $\text{Cu}^{2+}$  oleh bentonit teraktivasi KOH 6M

t menit	$C_0$ mg.L <sup>-1</sup>	C mg.L <sup>-1</sup>	$C_e$ mg.L <sup>-1</sup>	$q_e$ mg.g <sup>-1</sup>	qt mg.g <sup>-1</sup>	qe-qt	ln (qe-qt)
0	1000	1000	0,00	50	0,00	50	3,9120
15	1000	923,22	76,78	46,161	3,839	42,322	3,7453
30	1000	894,36	105,64	44,718	5,282	39,436	3,6746
45	1000	851,46	148,54	42,573	7,427	35,146	3,5595
60	1000	797,54	202,46	39,877	10,123	29,754	3,3929
75	1000	751,62	248,38	37,581	12,419	25,162	3,2253
90	1000	723,42	276,58	36,171	13,829	22,342	3,1064
105	1000	687,48	312,52	34,374	15,626	18,748	2,9310
120	1000	669,52	330,48	33,476	16,524	16,952	2,8303
135	1000	666,71	333,29	33,335	16,662	16,671	2,8136
150	1000	664,82	335,18	33,241	16,759	16,482	2,8022
165	1000	664,75	335,25	33,237	16,762	16,475	2,8018
180	1000	664,93	335,07	33,246	16,753	16,493	2,8029

Keterangan :

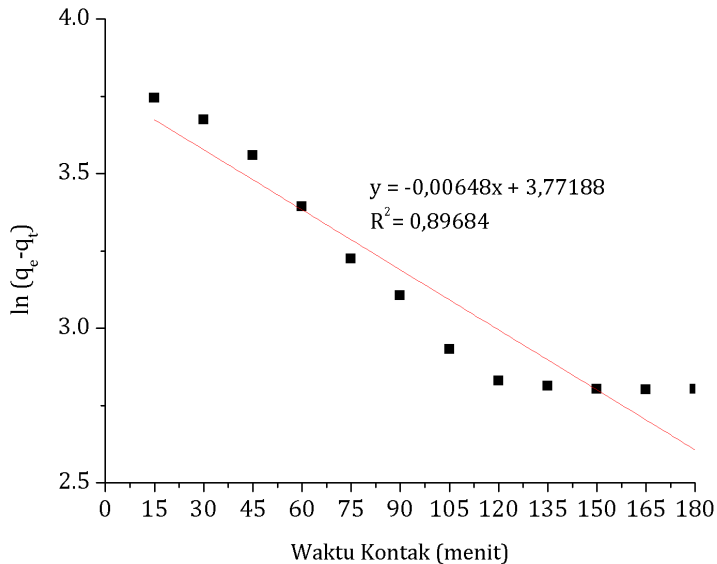
$C_0$  : konsentrasi awal ion logam (mg.L<sup>-1</sup>)

C : konsentrasi ion logam pada keadaan setimbang (mg.L<sup>-1</sup>)

$q_e$  : Jumlah ion logam yang teradsorpsi pada keadaan setimbang (mg.g<sup>-1</sup>)

qt : jumlah ion logam yang teradsorpsi pada waktu tertentu (mg.g<sup>-1</sup>)

Dari hasil data Tabel 4, didapat grafik sebagai berikut:



**Gambar 2.** Kurva kinetika pseudo orde satu pada adsorpsi ion  $\text{Cu}^{2+}$  oleh bentonit teraktivasi KOH 6M

Hasil perhitungan kurva pada bentonit teraktivasi KOH 6 M terhadap ion  $\text{Cu}^{2+}$  sebagai berikut:

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 \cdot t$$

$$y = ax + b, \text{ Slop (a)} = -k_1 \text{ dan Intersep (b)} = \ln q_e$$

$$y = -0,00648x + 3,77188, a = -0,00648 \text{ dan } b = 3,77188$$

$$\text{Slop}/k_1 = -(0,00648) = 0,00648 \text{ atau } 6,48 \times 10^{-3} \text{ menit}^{-1}$$

$$\text{Intersep}/\ln q_e = 3,77188$$

## b. Pseudo Orde Dua

**Tabel 5.** Data perhitungan hasil kinetika pseudo orde dua pada adsorpsi ion  $\text{Cu}^{2+}$  oleh bentonit teraktivasi KOH 6M

t menit	Co mg.L <sup>-1</sup>	C mg.L <sup>-1</sup>	Ce mg.L <sup>-1</sup>	qe mg.g <sup>-1</sup>	qt mg.g <sup>-1</sup>	qe-qt	t/qt
0	1000	1000	0,00	50	0,00	50	0,00
15	1000	923,22	76,78	46,161	3,839	42,322	3,9072
30	1000	894,36	105,64	44,718	5,282	39,436	5,6796
45	1000	851,46	148,54	42,573	7,427	35,146	6,0589
60	1000	797,54	202,46	39,877	10,123	29,754	5,9270
75	1000	751,62	248,38	37,581	12,419	25,162	6,0391
90	1000	723,42	276,58	36,171	13,829	22,342	6,0508
105	1000	687,48	312,52	34,374	15,626	18,748	6,7195
120	1000	669,52	330,48	33,476	16,524	16,952	7,2621
135	1000	666,71	333,29	33,335	16,662	16,671	8,1010
150	1000	664,82	335,18	33,241	16,759	16,482	8,9504
165	1000	664,75	335,25	33,237	16,762	16,475	9,8434
180	1000	664,93	335,07	33,246	16,753	16,493	10,7440

Keterangan :

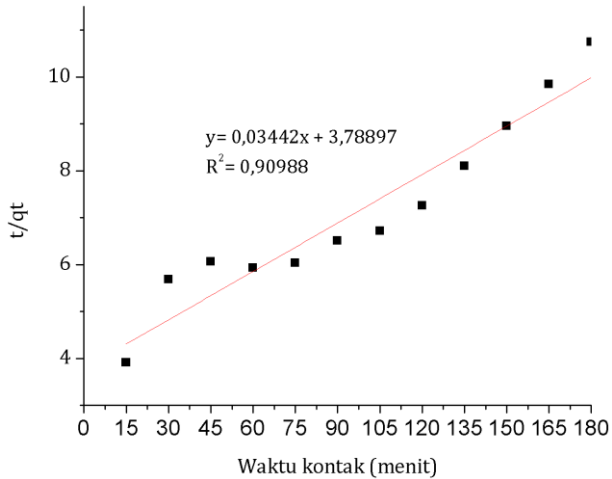
Co : konsentrasi awal ion logam (mg.L<sup>-1</sup>)

C : konsentrasi ion logam pada keadaan setimbang (mg.L<sup>-1</sup>)

qe : Jumlah ion logam yang teradsorpsi pada keadaan setimbang (mg.g<sup>-1</sup>)

qt : jumlah ion logam yang teradsorpsi pada waktu tertentu (mg.g<sup>-1</sup>)

Dari hasil data Tabel 4, didapat grafik sebagai berikut:



**Gambar 2.** Kurva kinetika pseudo orde dua pada adsorpsi ion  $\text{Cu}^{2+}$  oleh bentonit teraktivasi KOH 6M

Hasil perhitungan kurva pada bentonit teraktivasi KOH 6 M terhadap ion  $\text{Cu}^{2+}$  sebagai berikut:

$$t/qt = 1/k_2qe^2 + t/qe$$

$$y = ax + b, \text{ Slop } (a) = 1/qe \text{ dan Intersep } (b) = 1/k_2qe^2$$

$$y = 0,003442x + 3,78897, a = 0,003442 \text{ dan } b = 3,78897$$

$$h = 1/b = 1/3,78897 = 0,2639 \text{ dan } qe^2 = 1/a = 1/0,003442 = 290,5287$$

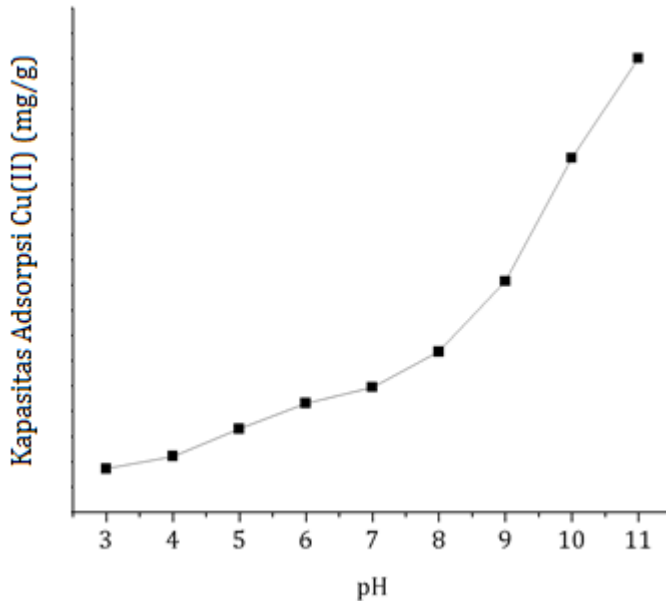
$$k_2 = h/qe^2 = 0,2639/290,5287 = 0,000908 \text{ atau } 9,08 \times 10^{-4} \text{ g.mg}^{-1}\text{menit}^{-1}$$

## Lampiran 5. Penentuan pH optimum

**Tabel 5.** Data hasil analisa adsorpsi ion  $\text{Cu}^{2+}$  dengan variasi pH oleh bentonit teraktivasi KOH 6 M

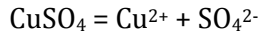
pH	Ce	Kapasitas adsorpsi Cu(II)
3	814,51	9,274
4	789,46	10,527
5	735,32	13,234
6	684,43	15,778
7	652,76	17,362
8	582,23	20,888
9	442,35	27,882
10	197,66	40,117
11	0,008	49,999

Dari data diatas, didapatkan grafik sebagai berikut:





### Perhitungan nilai S (Kelarutan)



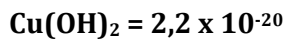
$$K_{sp} = [\text{Cu}^{2+}] [\text{SO}_4^{2-}]$$

$$2 \times 10^{-6} = S^2$$

$$S^2 = 2 \times 10^{-6}$$

$$S = \sqrt{2 \times 10^{-6}} = 1,41 \times 10^{-3}$$

### Penentuan Terjadinya Endapan pada Berbagai pH dengan Ksp



a. pH = 3, pOH = 11,  $[\text{OH}^-] = 10^{-11}$

$$Q_c = [\text{Cu}^{2+}][\text{OH}^-]^2$$

$$Q_c = (1,41 \times 10^{-3})(10^{-11})^2$$

$$Q_c = 1,41 \times 10^{-25}$$

**$Q_c < K_{sp}$**  sehingga belum terjadi endapan pada pH 3

b. pH = 4, pOH = 10,  $[\text{OH}^-] = 10^{-10}$

$$Q_c = [\text{Cu}^{2+}][\text{OH}^-]^2$$

$$Q_c = (1,41 \times 10^{-3})(10^{-10})^2$$

$$Q_c = 1,41 \times 10^{-23}$$

**$Q_c < K_{sp}$**  sehingga belum terjadi endapan pada pH 4

c. **pH = 5, pOH= 9, [OH<sup>-</sup>] = 10<sup>-9</sup>**

$$Q_c = [\text{Cu}^{2+}][\text{OH}^-]^2$$

$$Q_c = (1,41 \times 10^{-3})(10^{-9})^2$$

$$Q_c = 1,41 \times 10^{-21}$$

**Q<sub>c</sub> < K<sub>sp</sub>** sehingga belum terjadi endapan pada pH 5

d. **pH = 6, pOH= 8, [OH<sup>-</sup>] = 10<sup>-8</sup>**

$$Q_c = [\text{Cu}^{2+}][\text{OH}^-]^2$$

$$Q_c = (1,41 \times 10^{-3})(10^{-8})^2$$

$$Q_c = 1,41 \times 10^{-19}$$

**Q<sub>c</sub> > K<sub>sp</sub>** sehingga terbentuk endapan pada pH 6

e. **pH = 7, pOH= 7, [OH<sup>-</sup>] = 10<sup>-7</sup>**

$$Q_c = [\text{Cu}^{2+}][\text{OH}^-]^2$$

$$Q_c = (1,41 \times 10^{-3})(10^{-7})^2$$

$$Q_c = 1,41 \times 10^{-17}$$

**Q<sub>c</sub> > K<sub>sp</sub>** sehingga terbentuk endapan pada pH 7

f. **pH = 8, pOH= 6, [OH<sup>-</sup>] = 10<sup>-6</sup>**

$$Q_c = [\text{Cu}^{2+}][\text{OH}^-]^2$$

$$Q_c = (1,41 \times 10^{-3})(10^{-6})^2$$

$$Q_c = 1,41 \times 10^{-15}$$

**Q<sub>c</sub> > K<sub>sp</sub>** sehingga terbentuk endapan pada pH 8

**g. pH = 9, pOH= 5, [OH<sup>-</sup>] = 10<sup>-5</sup>**

$$Q_c = [\text{Cu}^{2+}][\text{OH}^-]^2$$

$$Q_c = (1,41 \times 10^{-3})(10^{-5})^2$$

$$Q_c = 1,41 \times 10^{-13}$$

**Qc > Ksp** sehingga terbentuk endapan pada pH 9

**h. pH = 10, pOH= 4, [OH<sup>-</sup>] = 10<sup>-4</sup>**

$$Q_c = [\text{Cu}^{2+}][\text{OH}^-]^2$$

$$Q_c = (1,41 \times 10^{-3})(10^{-4})^2$$

$$Q_c = 1,41 \times 10^{-11}$$

**Qc > Ksp** sehingga terbentuk endapan pada pH 10

**i. pH = 11, pOH= 3, [OH<sup>-</sup>] = 10<sup>-3</sup>**

$$Q_c = [\text{Cu}^{2+}][\text{OH}^-]^2$$

$$Q_c = (1,41 \times 10^{-3})(10^{-3})^2$$

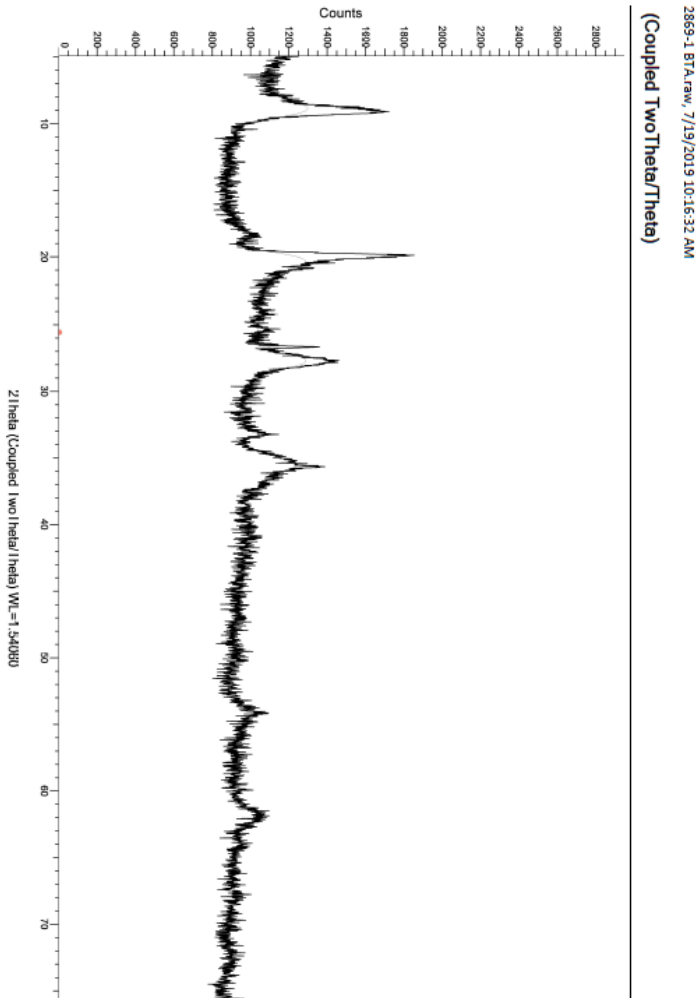
$$Q_c = 1,41 \times 10^{-9}$$

**Qc > Ksp** sehingga terbentuk endapan pada pH 11

## Lampiran 6. Hasil Karakterisasi Bentonit

### a. XRD

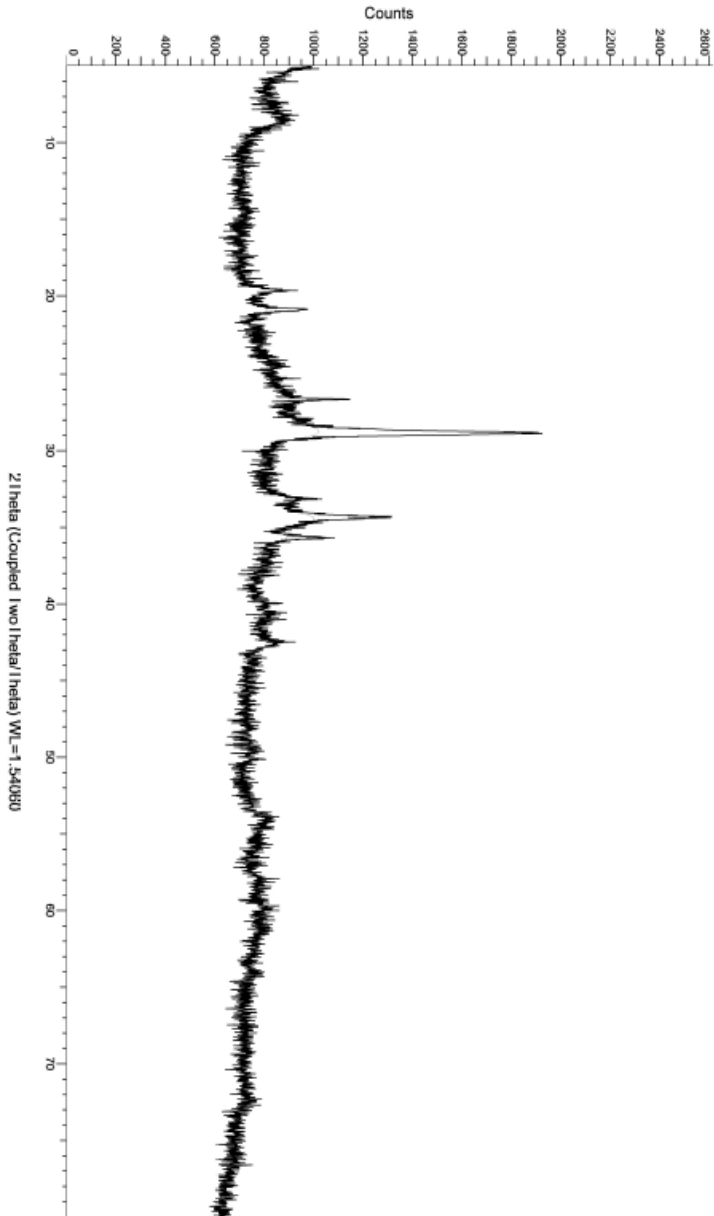
#### Difaktogram XRD Bentonit Tanpa Aktivasi



# Difaktogram XRD Bentonit Teraktivasi KOH 6 M

2869-2 B.6M.raw\_7/19/2019 10:20:56 AM

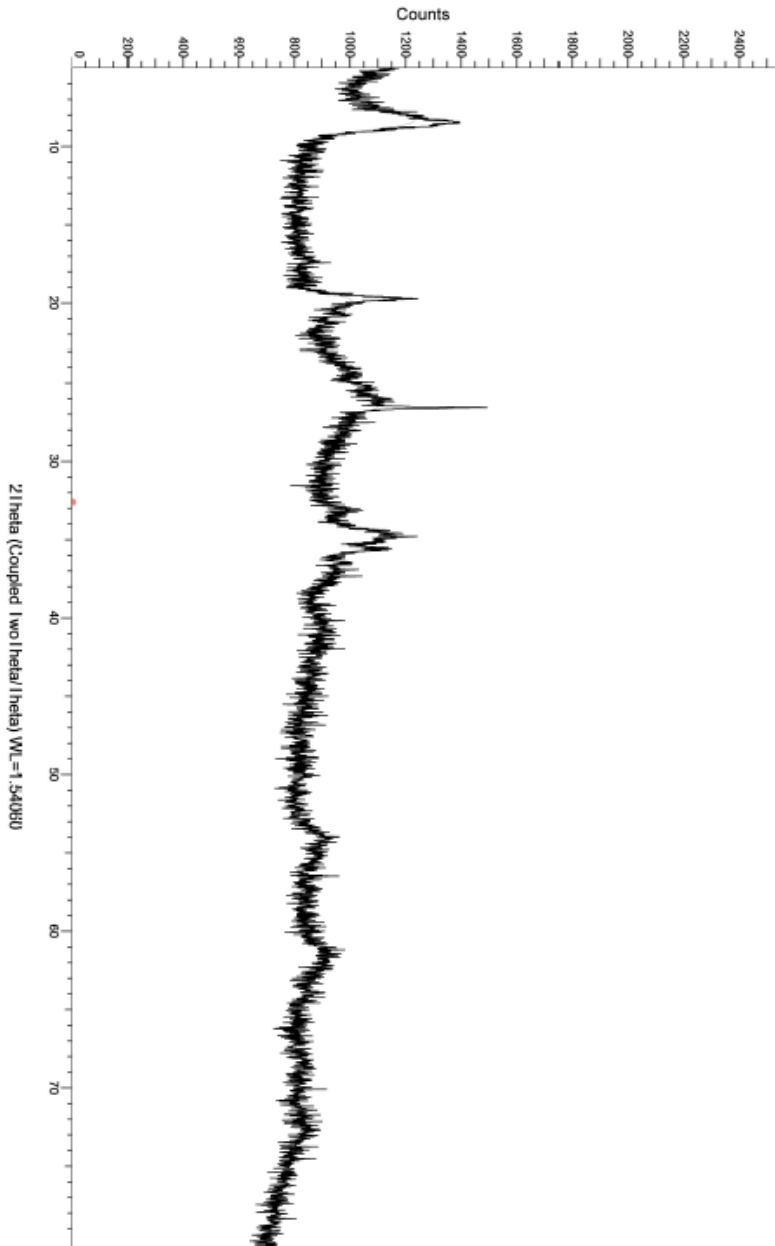
(Coupled TwoTheta/Theta)



# Difaktogram XRD Bentonit Teraktivasi KOH 12M

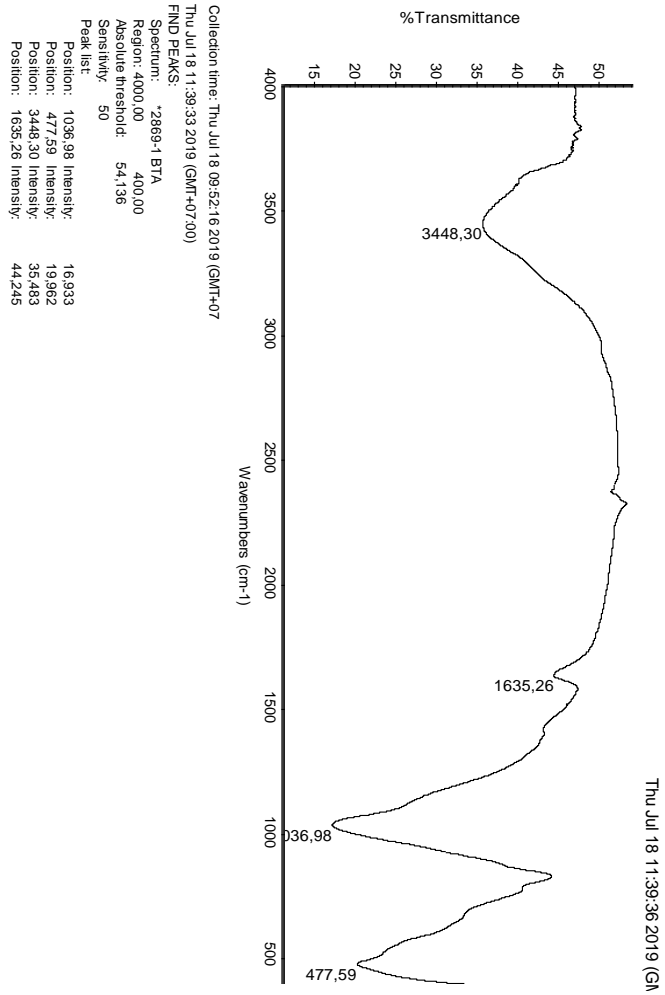
2869-3 B.12M.faw, 7/19/2019 10:25:10 AM

(Coupled TwoTheta/Theta)

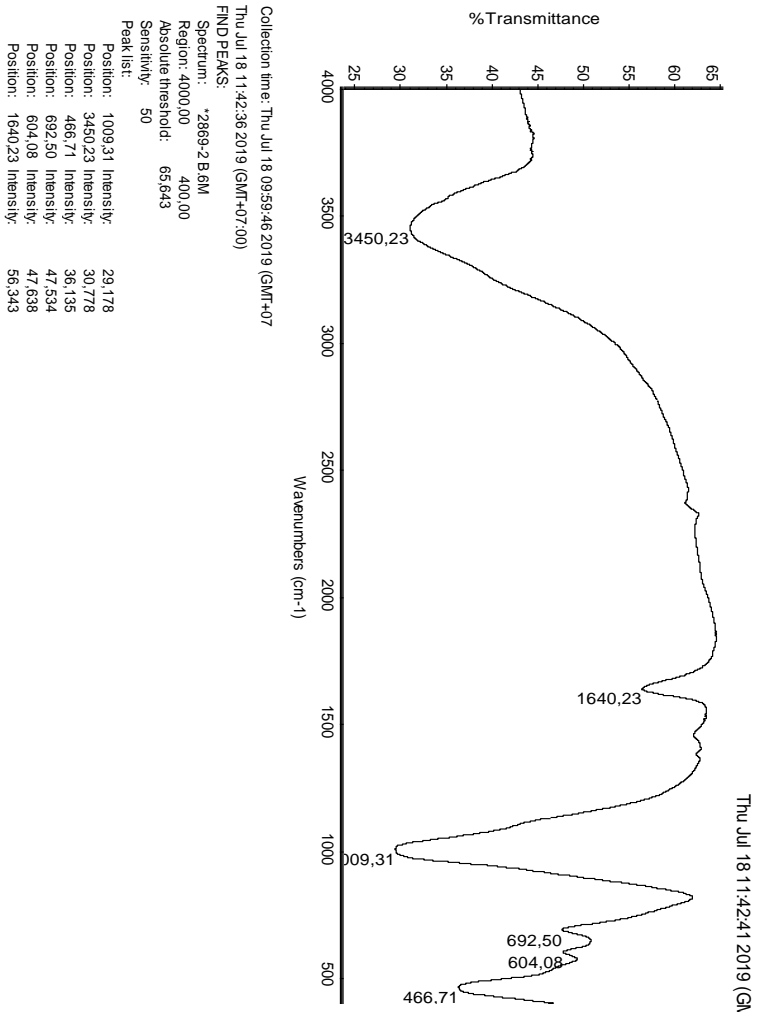


## b. FTIR

### Spektra bentonit tanpa aktivasi

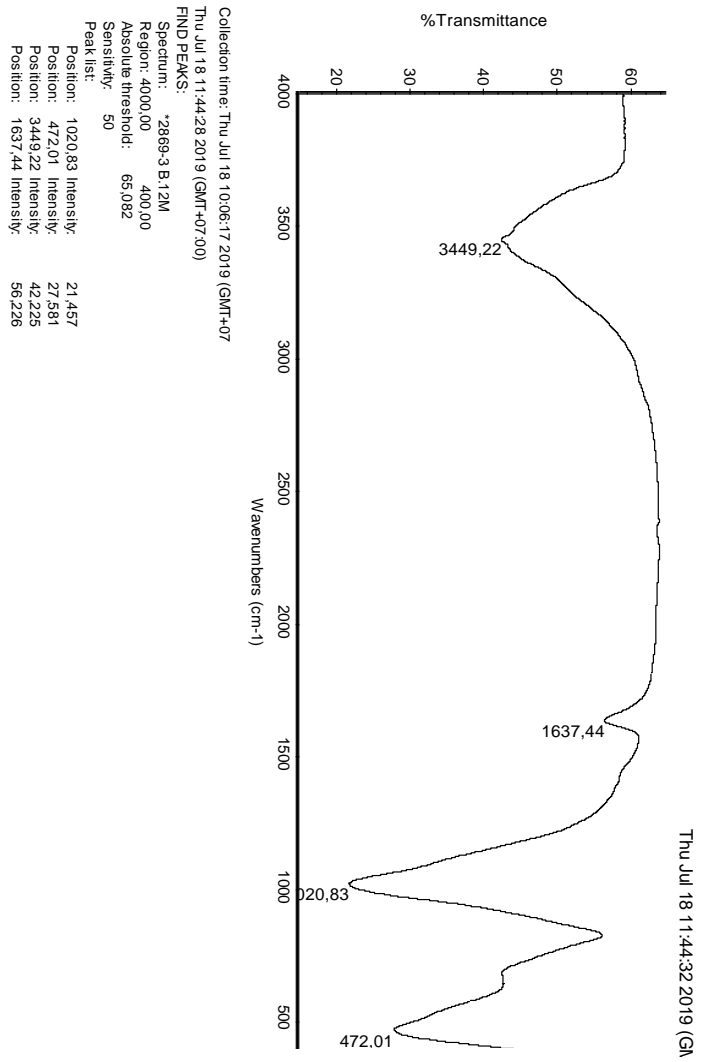


# Spektra bentonit teraktivasi KOH 6M





# Spektra bentonit teraktivasi KOH 12M



### c. Hasil analisa Luas Permukaan menggunakan GSA

#### Luas Permukaan

## UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km 14.5, Sleman Yogyakarta  
 LABORATORIUM TERPADU  
 Quantachrome TouchWin v1.11



Report date:	Thu Jul 25 2019	Operator:	Lab Terpadu
Filename:	2869_B6M.qcuPhysIso		

#### Analysis Information

##### Sample

ID	B6M	Weight	0.0944g
Description	B6M		

##### Analysis

Data ID	(9c86e5e1-b1ef-436b-83fc-84ea9279ece5)		Duration	848.5min	
Operator		Date	2019.07.24	Firmware	1.0
Instrument	St 2 on NOVA touch 4LX [s/n:17017051001]				
Comments	description of sample				
Ambient Temp.	0°C	Void Volume Mode	NOVA mode	Cell ID	22
Cell Type	9mm w/o rod	Thermal Delay	600sec	Po Mode	Continuous

##### Adsorbate

Name	Nitrogen	Molecular Weight	28.013g/mol	Cross Section Area	16.24/m <sup>2</sup> /mol
Non-ideality	6.58e-005 1/ton	Bath Temperature	77.35K		

##### Degas information

Time	1 hour	Temp.	90°C
------	--------	-------	------

#### Data Reduction Parameters

Thermal Transpiration	no		
Temp. Comp	no		
Thickness Method	deBoer		
P-tags below 0.35	ignored	Moving Pt. Average	off

##### Adsorbate Model

Name	Nitrogen	Molecular Weight	28.0134g	Cross Section Area	16.24/m <sup>2</sup> /molec.
Bath Temperature	77.35K				

#### Area-Volume Summary results

##### Surface Area Results

Multipoint BET	87.2001 m <sup>2</sup> /g
BJH adsorption	72.3939 m <sup>2</sup> /g
BJH desorption	100.9 m <sup>2</sup> /g

##### Pore Volume Results

BJH adsorption cumulative micropore volume	0.268564 cc/g
BJH desorption cumulative micropore volume	0.291385 cc/g
Total Pore Volume	0.190195 cc/g

##### Pore Size Results

BJH adsorption pore radius	3.73165 nm
BJH desorption pore radius	3.16978 nm
Average Pore Size	4.36226 nm

# Luas permukaan spesifik bentonit teraktivasi KOH 6M

## UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km 14.5, Sleman Yogyakarta

LABORATORIUM TERPADU

Quantachrome TouchWin v1.11



Report date: Thu Jul 25 2019 Operator: Lab Terpadu  
Filename: 2869\_B12M.qcuPhysIso

### Analysis Information

#### Sample

ID B12M Weight 0.0932g  
Description B12M

#### Analysis

Data ID (af0ff1dd-933a-4324-a375-52715ae09152)  
Operator Date 2019.07.24 Duration 783.6min  
Instrument St 3 on NOVA touch 4LX (s/n:17017051001) Firmware 1.0  
Comments description of sample  
Ambient Temp. 0°C Void Volume Mode NOVA mode Cell ID 23  
Cell Type 9mm w/o rod Thermal Delay 600sec Po Mode Continuous

#### Adsorbate

Name Nitrogen Molecular Weight 28.013g/mol Cross Section Area 16.24m<sup>2</sup>/mol  
Non-ideality 6.58e-005 1/ton Bath Temperature 77.35K

#### Degas information

Time 1 hour Temp. 90°C

### Data Reduction Parameters

Thermal Transpiration no  
Temp. Comp no  
Thickness Method deBoer  
P-tags below 0.35 ignored  
Moving Pt. Average off

#### Adsorbate Model

Name Nitrogen Molecular Weight 28.013g Cross Section Area 16.24m<sup>2</sup>/mol  
Bath Temperature 77.35K

### Area-Volume Summary results

#### Surface Area Results

Multipoint BET 62.6497 m<sup>2</sup>/g  
BJH adsorption 36.576 m<sup>2</sup>/g  
BJH desorption 65.4021 m<sup>2</sup>/g

#### Pore Volume Results

BJH adsorption cumulative micropore volume 0.199416 cc/g  
BJH desorption cumulative micropore volume 0.222107 cc/g  
Total Pore Volume 0.110455 cc/g

#### Pore Size Results

BJH adsorption pore radius 1.6357 nm  
BJH desorption pore radius 1.85543 nm  
Average Pore Size 3.5261 nm

# Luas permukaan spesifik bentonit teraktivasi KOH 12M

## UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km 14.5, Sleman Yogyakarta  
 LABORATORIUM TERPADU  
 Quantachrome TouchWin v1.11



Report date: Thu Jul 25 2019 Operator: Lab Terpadu  
 Filename: 2869\_BTA.qcuPhysIso

### Analysis Information

#### Sample

ID BTA Weight 0.0989g  
 Description BTA

#### Analysis

Data ID (d2fa620f-7903-4a37-a5ab-b460b69acb68)  
 Operator Date 2019.07.24 Duration 636.6min  
 Instrument St 1 on NOVA touch 4LX [s/n:17017051001] Firmware 1.0  
 Comments description of sample  
 Ambient Temp. 0°C Void Volume Mode NOVA mode Cell ID 21  
 Cell Type 9mm w/o rod Thermal Delay 600sec Po Mode Continuous

#### Adsorbate

Name Nitrogen Molecular Weight 28.013g/mol Cross Section Area 16.2A<sup>2</sup>/mol  
 Non-ideality 6.58e-005 1/mol Bath Temperature 77.35K

#### Degas information

Time 1 hour Temp. 90°C

### Data Reduction Parameters

Thermal Transpiration no  
 Temp. Comp no  
 Thickness Method deBoer  
 P-tags below 0.35 ignored  
 Moving Pt. Average off

#### Adsorbate Model

Name Nitrogen Molecular Weight 28.0134g Cross Section Area 16.2A<sup>2</sup>/molec  
 Bath Temperature 77.35K

### Area-Volume Summary results

#### Surface Area Results

Multipoint BET 19.6264 m<sup>2</sup>/g  
 BJH adsorption 11.7499 m<sup>2</sup>/g  
 BJH desorption 56.1247 m<sup>2</sup>/g

#### Pore Volume Results

BJH adsorption cumulative micropore volume 0.0699475 cc/g  
 BJH desorption cumulative micropore volume 0.0984404 cc/g  
 Total Pore Volume 0.039229 cc/g

#### Pore Size Results

BJH adsorption pore radius 1.64365 nm  
 BJH desorption pore radius 2.08927 nm  
 Average Pore Size 3.99759 nm

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### **Identitas Diri**

Nama Lengkap : Mega Roikhanah Fauziyati  
Tempat, Tgl Lahir : Jepara, 28 Mei 1997  
NIM : 1508036009  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Agama : Islam  
Pekerjaan : Mahasiswi UIN Walisongo Semarang  
Alamat : Desa Menganti RT.007/002 Kec Kedung  
Kab Jepara  
Telepon/HP : 081320607982  
Email : megaroikhanahfauziyati05@gmail.com

### **Riwayat Pendidikan**

#### **Formal :**

1. MI Darul Hikmah Menganti Tahun 2004 - 2009
2. MTs Darul Hikmah Tahun 2009 - 2012
3. Madrasah Aliyah Darul Hikmah Tahun 2012 - 2015
4. UIN Walisongo Semarang Angkatan 2015