



UNIVERSITAS INDONESIA

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI *ORGANOCLAY* TERINTERKALASI
SURFAKTAN KATIONIK HDTMABr DAN ODTMABr SERTA
APLIKASINYA SEBAGAI ADSORBEN MOLEKUL ORGANIK**

SKRIPSI

**DIANA NUR HARYANI
0606068985**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI KIMIA
DEPOK
DESEMBER 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI *ORGANOCLAY* TERINTERKALASI
SURFAKTAN KATIONIK HDTMABr DAN ODTMABr SERTA
APLIKASINYA SEBAGAI ADSORBEN MOLEKUL ORGANIK**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains

**DIANA NUR HARYANI
0606068985**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI KIMIA
DEPOK
DESEMBER 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Diana Nur Haryani

NPM : 0606068985

Tanda Tangan :

Tanggal :

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Diana Nur Haryani
NPM : 0606068985
Program Studi : Kimia
Judul Skripsi : Sintesis dan Karakterisasi *Organoclay* Terinterkalasi
Surfaktan Kationik HDTMABr dan ODTMABr serta
Aplikasinya sebagai Adsorben Senyawa Organik

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Yuni K. Krisnandi ()

Pembimbing : Dr. Riwandi Sihombing ()

Penguji : Dr. Ridla Bakri, M.Phil ()

Penguji : Drs. Ismunaryo. M, M. Phil ()

Penguji : Drs. Riswiyanto, M.Si ()

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 6 Januari 2010

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang senantiasa telah memberikan nikmatnya kepada kita semua. Semoga kita terus dapat berada dalam rahmat dan ridho-Nya, serta dengan teriring doa dari kedua orang tua, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana sains jurusan kimia pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

Walaupun telah berlalu masa studi sarjana di departemen kimia ini, namun semangat untuk terus meningkatkan pembelajaran hidup serta menimba ilmu akan tetap terjaga hingga akhir waktu. Seluruh daya dan upaya yang tercurah demi terselesaikannya skripsi sarjana ini, semoga memberi sumbangsih bagi bangsa, serta menjadi bekal dan ilmu bagi saya pribadi khususnya. Amien.

Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Semoga masa perkuliahan di Universitas Indonesia ini akan menjadi hal termanis untuk tetap dikenang dan dipetik hikmahnya.

Begitu banyak doa dan dukungan yang telah diberikan untuk menyelesaikan skripsi ini, karena itu saya haturkan terima kasih kepada :

- (1) Dr. Yuni Krisyuningsih Krisnandi dan Dr. Riwandi Sihombing, selaku dosen Pembimbing Penelitian yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.
- (2) Pembimbing Akademis serta Dosen Pengajar di Departemen Kimia yang telah banyak membagi ilmu dan senantiasa membimbing mahasiswa untuk tetap terus belajar dan berkarya.

- (3) Yang Tersayang Bapak dan Ibu, selalu mengasihi dan mendukung setiap hal yang saya lakukan serta keluarga besar yang terus peduli selama ini.
- (4) Mba Ati, mba Emma, mba Cucu, pak Hedi, pak Amin, pak Trisno, pak Mul, pak Mardji, dan kakak-kakak di lab. Afiliasi, saya ucapkan terimakasih telah banyak membantu saya demi terselesaikannya penelitian ini.
- (5) Rekan penelitian lantai 4 yang selalu menghadirkan riang tawa di setiap kondisi. Nadiroh, Kusnaningsih, Sopi, Arief, Stevanus, Desi B, Desi W, Feri, Putu, dan Yudha.
- (6) Rekan penelitian lantai 3 yang selalu bersama menghadapi aral melintang. Ka Siti, Ka Omi, Ka Destya, Dante, Helen, Wiwit, Nadya, Yuli, Intan, Rustika, Linda, Nita, Bu Hadrah, Bu Eni, Bu Tini, pak Hendra,
- (7) Didit, Noval, Firman, ka Andri dan ka Irwan, yang dimanapun kalian berada selalu menghadirkan canda dan semangat.
- (8) Yang Terspesial, Novi, Sonia, Nanik, Brit, Riri, Atika, Vania V, Vania R, Nany, Hanum, Winda, Faiza, Nissia, Ayu, Kartika, Mima, Raima, Tantri, Narita, ka Meta, ka Fery, ka Adine, Ka Shabri, Mba Anik, teman-teman 2007, 2008, dan 2010 yang telah hadir pada seminar sarjana saya.
- (9) The last but the important, kakak-kakak sarjana yang banyak membantu melalui tulisan skripsi dengan bahan yang sama sebelumnya, ka Irwansyah, ka Syarif, ka Yusni, ka Andy, ka Farouq, ka Danar, ka Andika, dan ka Agung.

Perjuangan panjang ini ialah nikmat tiada tara yang telah diberikan Allah kepada saya. Untuk itu, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu.

Penulis

2010

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Diana Nur Haryani
NPM : 0606068985
Program Studi : S1
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Sintesis dan Karakterisasi *Organoclay* Terinterkalasi Surfaktan Kationik HDTMABr dan ODTMABr serta Aplikasinya sebagai Adsorben Molekul Organik

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : Desember 2010
Yang menyatakan

(Diana Nur Haryani)

ABSTRAK

Nama : Diana Nur Haryani
Program Studi : Kimia
Judul : Sintesis dan Karakterisasi *Organoclay* Terinterkalasi Surfaktan Kationik HDTMABr dan ODTMABr serta Aplikasinya Sebagai Adsorben molekul Organik

Dua tipe *organoclay* telah dapat disintesis dengan surfaktan yang berbeda sebagai agen penginterkalasi. Surfaktan HDTMABr dan ODTMABr diinterkalasikan ke dalam bentonit alam serta dilakukan karakterisasi dengan XRD, FT-IR, dan SEM-EDS. Sebelumnya Na-bentonit disintesis kemudian dihitung nilai kapasitas tukar kation dengan metode tembaga amin sebesar 45,35 meq/100gram *clay*. Variasi jumlah KTK digunakan untuk dapat melihat peningkatan besarnya *basal spacing* dengan difraksi sinar-X. *Organoclay* 1.0 KTK yang telah disintesis digunakan sebagai adsorben fenol, katekol dan benzaldehida kemudian dilakukan pengukuran dengan spektrofotometer UV. Perbedaan gugus yang melekat pada cincin benzen mempengaruhi kemampuannya untuk terserap pada bentonit. Dengan bertambahnya gugus hidroksi, maka semakin sulit untuk terserap oleh bentonit. Dan apabila semakin nonpolar senyawa organik, akan semakin mudah terserap. Dengan semakin panjang rantai alkil surfaktan, bentonit menjadi lebih hidrofobik sehingga menyerap lebih banyak senyawa nonpolar.

Kata Kunci : *clay, organoclay, basal spacing, interkalasi, adsorben.*

xiii+57 halaman : 15 gambar; 6 tabel

Daftar Pustaka : 31 (1997-2008)

ABSTRACT

Name : Diana Nur Haryani
Program Study : Chemistry
Title : Synthesis and Characterization of Organoclay Intercalating
HDTMABr and ODTMABr with Its Application as an
Adsorbent for Organic Molecules

Two types of organoclay have been synthesized using different cationic surfactants as intercalating agents. HDTMABr and ODTMABr are intercalated into the interlayer space of sodium-clay. With the CEC value sodium-clay is about 45, 35 meq/100gram clay using copper amine method. X-ray diffraction is used to study the characteristic of organoclay by its variation of CEC value. The resulting of 1,0 CEC organoclay are used to adsorb the organic molecules. UV spectra of this organic molecule on filtrate reaction are further confirming adsorptions of both organoclay. The different groups which are binding on phenol, benzaldehyde, and catechol have different effect to organoclay. No polar organic molecules are the easier molecule which adsorbed on the interlayer clay. The longest alkyls chain surfactant will make more hydrophobic clay furthermore it could adsorb no polar organic molecules.

Key Words : clay, organoclay, intercalating agent, adsorbents.
xiii+57 pages : 15 pictures; 6 tables
Bibliography : 31 (1997-2008)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Mineral.....	3
2.1.1 Mineral Lempung (<i>Clay</i>).....	4
2.1.2 Klasifikasi Lempung.....	5
2.1.3 Bentonit.....	6
2.2 Surfaktan.....	7
2.2.1 Klasifikasi surfaktan.....	7
2.2.2 Surfaktan Heksadesil Trimetilamonium Bromida (HDTMA-Br).....	8
2.2.3 Surfaktan Oktadesil Trimetilamonium Bromida (ODTMA-Br).....	9
2.3 <i>Organoclay</i>	9
2.4 Fenol.....	10
2.5 Benzaldehida.....	10
2.6 Katekol.....	11
2.7 Karakterisasi.....	11
2.7.1 Spektroskopi Inframerah (FT-IR).....	11
2.7.2 Difraksi Sinar-X (XRD).....	12
2.7.3 Spektrofotometer UV/Visibel.....	13
2.7.4 SEM-EDS.....	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	14
3.1 Alat dan Bahan.....	14
3.1.1 Alat-alat yang digunakan.....	14

3.1.2	Alat Uji.....	14
3.1.3	Bahan-bahan yang digunakan.....	14
3.2	Prosedur kerja.....	15
3.2.1	Preparasi Bentonit.....	15
3.2.2	Fraksinasi Sedimentasi Bentonit.....	15
3.2.3	Sintesis Na-Bentonit.....	15
3.2.4	Penentuan Kapasitas Tukar Kation.....	15
3.2.5	Sintesis <i>Organoclay</i>	16
3.2.5.1	Sintesis <i>Organoclay</i> dengan surfaktan HDTMA-Br sebagai penginterkalasi.....	16
3.2.5.2	Sintesis <i>Organoclay</i> dengan surfaktan ODTMA-Br sebagai penginterkalasi.....	16
3.2.6	Aplikasi <i>Organoclay</i> Sebagai Adsorben.....	17
BAB IV	PEMBAHASAN.....	18
4.1	Preparasi Bentonit.....	18
4.2	Penentuan Kapasitas Tukar Kation.....	20
4.3	Sintesis <i>Organoclay</i>	21
4.4	Aplikasi.....	25
4.4.1	<i>Organoclay</i> Sebagai Adsorben Fenol.....	26
4.4.2	<i>Organoclay</i> Sebagai Adsorben Benzaldehida.....	27
4.4.3	<i>Organoclay</i> Sebagai Adsorben katekol.....	28
4.5	Mekanisme Adsorpsi Senyawa Organik Pada <i>Organoclay</i>	29
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	34
5.1	Kesimpulan.....	34
5.2	Saran.....	34
	DAFTAR PUSTAKA.....	35-38
	LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Puncak-puncak yang terdeteksi pada fraksi 2 dan Na-bentoni.....	20
Tabel 4.2 Tabel konsentrasi larutan $\text{Cu}(\text{EDA})_2^{2+}$ sebelum dan setelah pengadukan dengan stirrer pada Na-bentonit.....	21
Tabel 4.3 Puncak-puncak yang terdeteksi pada <i>organoclay</i>	23
Tabel 4.4 Orientasi surfaktan pada variasi <i>organoclay</i>	24
Tabel 4.5 Perbandingan serapan fenol, benzaldehida, dan katekol pada <i>organoclay</i> yang berbeda.....	26
Tabel 4.6 Puncak-puncak yang terdeteksi pada <i>organoclay</i> yang telah menyerap fenol dan benzaldehida.....	28



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Struktur Smektit/Montmorilonit.....	6
Gambar 1.2 Heksadesil Trimetilamonium Bromida $C_{16}H_{33}(CH_3)_3NBr$	9
Gambar 1.3 Oktadesil Trimetilamonium Bromida (ODTMA-Br).....	9
Gambar 1.4 Fenol.....	10
Gambar 1.5 Benzaldehida.....	11
Gambar 1.6 Katekol.....	11
Gambar 1.7 Sistem Optik FTIR.....	12
Gambar 4.1 Kurva adsorpsi fenol pada HDTMA-bentonit dan ODTMA-bentonit	26
Gambar 4.2 Kurva adsorpsi benzaldehida pada HDTMA-bentonit dan ODTMA-bentonit	27
Gambar 4.3 Kurva adsorpsi katekol pada HDTMA-bentonit dan ODTMA-bentonit...	29
Gambar 4.4 Mekanisme Pertukaran Kation Dengan Surfaktan.....	31
Gambar 4.5 Luas Permukaan HDTMA sekitar $387,73 \text{ \AA}^2$ dari <i>molecular modeling</i>	31
Gambar 4.6 Proses adsorpsi senyawa organik pada interlayer bentonit....	32
Gambar 4.7 Orientasi Surfaktan.....	32
Gambar 4.8 Mekanisme adsorpsi fenol pada permukaan bentonit.....	33

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 FT-IR bentonit fraksi 2 dan FT-IR Na-bentonit
- Lampiran 2 Perbandingan FT-IR Bentonit Fraksi 2 dan Na-bentonit dan Perbandingan HDTMA-MMT dengan ODTMA-MMT 1 KTK
- Lampiran 3 FT-IR *organoclay* HDTMABr-MMT 1,0 KTK dan FT-IR *organoclay* ODTMABr-MMT 1,0 KTK
- Lampiran 4 FT-IR Serapan fenol pada HDTMABr-MMT dan FT-IR Serapan fenol pada ODTMABr-MMT
- Lampiran 5 FT-IR Perbandingan serapan fenol pada HDTMA-bentonit dan ODTMA-bentonit serta FT-IR Perbandingan serapan benzaldehida pada HDTMA-bentonit dan ODTMA-bentonit
- Lampiran 6 FT-IR Serapan Benzaldehida Pada ODTMA-bentonit 1,0 KTK dan Serapan Benzaldehida pada HDTMA-bentonit 1,0 KTK
- Lampiran 8 Data SEM-EDS
- Lampiran 9 XRD Na-bentonit
- Lampiran 10 Data XRD HDTMABr 2,5 KTK
- Lampiran 11 Data XRD ODTMABr 2,5 KTK
- Lampiran 12 XRD HDTMA-bentonit 1,0 KTK
- Lampiran 13 XRD ODTMA-bentonit 1,0 KTK
- Lampiran 14 Perbandingan XRD Na-bentonit, HDTMA-bentonit 2,5 KTK dan ODTMA-bentonit 2,5 KTK
- Lampiran 15 Perhitungan fenol terserap
- Lampiran 16 Perhitungan benzaldehida terserap
- Lampiran 17 Perhitungan katekol terserap
- Lampiran 18 Kurva adsorpsi fenol, benzaldehida, dan katekol pada HDTMA-bentonit dan ODTMA-bentonit

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada masa ini, ilmu dan teknologi berkembang dengan begitu pesat menyesuaikan kebutuhan manusia dalam pemenuhan energi dan berbagai industri seperti otomotif, *furniture*, peralatan makro maupun mikro, dan lain sebagainya. Dapat dilihat bahwa meningkatnya teknologi komunikasi tidak terlepas dari perkembangan ilmu sains yang menciptakan variasi alat seperti *microchip*, sensor, dll.

Penciptaan material baru diantaranya seperti penggabungan dua atau lebih material untuk meningkatkan dayaguna alat sesuai kebutuhan. Dalam bidang kimia anorganik, kita mengenal istilah *clay* atau lempung/liat. Banyak kelebihan pada sifat material lempung, fotokatalis, drilling mud, adsorben tumpahan minyak, dll. Dalam era ini, sedang dikembangkan penggabungan material lempung sebagai tambahan pada polimer organik dengan tujuan meningkatkan fungsinya.

Dalam penelitian ini, dipelajari proses sintesis, serta karakterisasi sifat yang khas dari suatu material lempung. Untuk dapat menggabungkan material polimer dengan lempung, harus diproses terlebih dahulu dengan merubah sifat hidrofilik lempung sehingga menjadi bersifat hidrofobik sesuai dengan sifat polimer. Atas dasar itu, bahan dasar *clay* diinterkalasikan dengan senyawaan organik rantai lurus dan panjang yang bersifat hidrofobik agar tidak terjadi aglomerasi *clay* saat pencampuran dengan kata lain yakni dapat berinteraksi dengan polimer.

Dalam era teknologi ini, banyak ilmuwan telah mempelajari sifat perpaduan antara *clay*-polimer serta variasi kegunaannya dalam industri. Seperti halnya, peningkatan sifat mekanik, termal, optik, dan elektrik pada komposit polimer-*clay*. Banyak perhatian untuk perkembangan dalam bidang elektronika seperti sensor, membran *solar cell*, *microchip*, dll.

Dalam studi pendahuluan sintesis *organoclay* ini, dipelajari sifat dan karakteristik *organoclay* dengan dua surfaktan yang berbeda sebagai agen penginterkalasi. Dalam studi awal yang telah dilakukan sebelumnya (Irwansyah 2007) diketahui bahwa perbedaan orientasi surfaktan yang tercermin dari perbedaan jarak *basal spacing* antara bentonit alam dan bentonit komersial disebabkan oleh interaksi *clay* dengan surfaktan. Untuk itulah penelitian ini bertujuan mempelajari sifat dan karakter *organoclay* berdasarkan jenis surfaktan yang berbeda. Dan selanjutnya dapat dipelajari kemampuan *organoclay* menyerap beberapa molekul organik yang biasanya terdapat pada sebagian polimer.

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana efek penggunaan surfaktan yang berbeda panjang rantai lurus nya terhadap sifat dan karakter dari *organoclay* yang terbentuk?
2. Bagaimana karakter *organoclay* hasil sintesis dengan surfaktan Heksadesil Trimetilamonium Bromida (HDTMA-Br) dan Oktadesil Trimetilamonium Bromida (ODTMA-Br) yang dianalisis dengan beberapa alat uji, untuk selanjutnya dapat diaplikasikan sesuai sifat dan karakter tersebut?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Membuat *organoclay* dari bentonit alam dengan menggunakan kationik surfaktan Heksadesil Trimetilamonium Bromida (HDTMA-Br) dan Oktadesil Trimetilamonium Bromida (ODTMA-Br).
2. Mempelajari karakter *organoclay* hasil sintesis dengan XRD, FTIR, dan SEM-EDS untuk selanjutnya dapat diaplikasikan sesuai sifat dan karakter tersebut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mineral

Mineral banyak terdapat dalam kulit bumi atau permukaan tanah. Tanah merupakan suatu kompleks senyawa yang terdiri atas komponen padat, cair, dan gas. Komponen padat pada kulit bumi menempati volum sekitar 50 % (45 % mineral dan 5 % bahan organik), komponen gas sekitar 20-30% dan sisanya komponen air menempati sekitar 20-30 %.

Unsur-unsur yang biasanya ditemukan dalam jumlah paling banyak adalah: O, Si, Al, Fe, C, Ca, K, Na dan Mg. Unsur utama ini banyak ditemukan dalam kerak bumi atau bahan sedimen. Komponen anorganik menempati lebih dari 90 % komponen padat dalam tanah. Sisanya ialah komponen organik. Komponen anorganik ini memiliki sifat-sifat seperti ukuran, luas permukaan, dan karakter muatan yang sangat mempengaruhi reaksi-reaksi kinetik dan keseimbangan serta proses-proses kimia yang terjadi dalam tanah.

Mineral didefinisikan sebagai senyawa anorganik alam yang memiliki sifat fisik, kimia dan kristalin tertentu. Mineral primer tidak mengalami perubahan sifat kimia selama proses pengendapan dan kristalisasi dari larva yang meleleh. Mineral primer yang umum dijumpai dalam tanah yaitu kuarsa dan feldspar. Mineral primer berada dalam fraksi pasir (partikel ukuran 2 - 0,05 mm), dan debu (partikel ukuran 0,05 – 0,002 mm). Mineral sekunder merupakan hasil pelapukan mineral primer yang telah mengalami perubahan struktur atau pengendapan kembali hasil pelapukan dari mineral primer tersebut. Mineral sekunder yang biasa terdapat dalam tanah yaitu mineral aluminosilikat (seperti kaolinit dan montmorilonit), senyawa oksida-oksida (contoh; gibsit, goetit, dan birnesit), bahan-bahan amorf (seperti imogolit dan allofan), mineral sulfur dan mineral karbonat. Mineral sekunder biasanya terdapat dalam fraksi lempung.

Komponen anorganik biasanya berupa silikat dan oksida. Dikenal 6 tipe silikat tanah berdasarkan susunan tetrahedral SiO_4 dalam strukturnya: (Eko, 2010)

1. Siklosilikat: Lingkaran tertutup atau lingkaran ganda dari tetrahedral (SiO_3 , Si_2O_5).
Contoh: Turmalin
2. Inosilikat: Rantai tunggal atau ganda dari tetrahedral (SiO_3 , Si_4O_{11}). Contoh: Ampibol, piroksen, hornblende.
3. Nesosilikat: Tetrahedral SiO_4 terpisah. Contoh: Yakut, olivin, zirkon, topas.
4. Pinosilikat: Lembar tetrahedral (Si_2O_5). Contoh: Klorit, illit, kaolinit, montmorillonit, vermikulit.
5. Sorosilikat: Dua atau lebih tetrahedral berangkai (Si_2O_7 , Si_5O_{16}). Contoh: epidot.
6. Tektosilikat: Jaringan tetrahedral (SiO_2). Contoh: Feldspar, zeolit.

2.1.1 Mineral Lempung (*Clay*)

Lempung adalah bagian yang sering ditemukan dalam mineral alam. Lempung termasuk kedalam klasifikasi pilosilikat yang mengandung persentase air yang terperangkap dalam lapisan-lapisan silikat cukup besar. Struktural dan kimiawi lempung kebanyakan bersifat analog terhadap pilosilikat lainnya. Tetapi kandungan jumlah air di dalamnya sangat beragam, sehingga dapat terjadi pengembangan pada lapisannya. Beberapa kegunaan *clay* diantaranya untuk pabrikan, pengeboran, konstruksi, *drilling*, dan produksi kertas. Dengan menggunakan lempung untuk bahan dan proses produksi, diharapkan biaya produksi dapat dikurangi karena *clay* termasuk bahan alam yang mudah dan banyak ditemukan.

Karakteristik lempung baik secara kimia dan strukturnya yakni cenderung untuk membentuk kristal mikroskopik, daripada bentuk kristal submikroskopik (The Clay, 2010). Lempung dapat menyerap atau kehilangan air sehingga sifatnya melunak dan dapat dibentuk. Ketika air terserap ke dalam lapisan lempung, maka terjadi

pengembangan pada lempung dikarenakan air mengisi ruang/spasi pada antar lapisan silikat yang kokoh.

2.1.2 Klasifikasi Lempung

Mineral lempung dapat dikelompokkan dalam empat grup (The Clay, 2010) yakni:

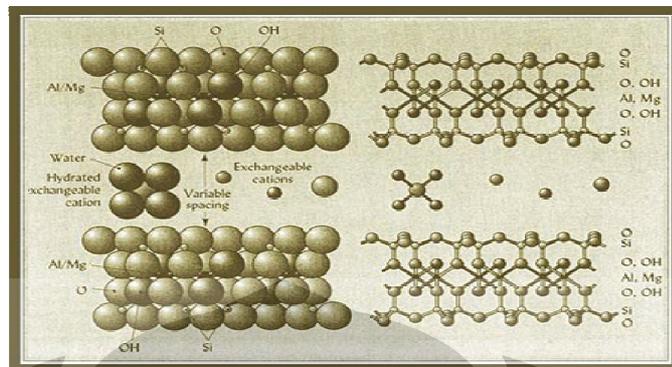
1. Grup Kandit

Tiga mineral yang termasuk ke dalam grup ini ialah kaolinit, dan nakrit dengan formula $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$. Ketiga mineral ini bersifat polimorf yang berarti formula kimianya sama tetapi strukturnya berbeda. Struktur umum dari grup ini terdiri dari lapisan silikat (Si_2O_5) yang terikat pada lapisan gipsit alumunium hidroksida ($\text{Al}_2(\text{OH})_4$). Lapisan silikat dan lapisan gipsit terikat kuat namun ikatan antara lapisan s-g begitu lemah. Lapisan silikat memiliki struktur tetrahedral dan lapisan gipsit berstruktur oktahedral. Maka biasanya disebut mineral 1:1 yaitu tetrahedral-oktahedral.

2. Grup Smektit/Montmorilonit

Grup ini terdiri dari beberapa mineral yaitu piropillit, talk, vermikulit, sauconit, saponit, nontronit dan montmorilonit. Formula kimia setiap mineral tersebut berbeda namun formula umumnya $(\text{Ca,Na,H})(\text{Al,Mg,Fe,Zn})_2(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_{2-x}\text{H}_2\text{O}$, dengan x mewakili jumlah air yang terkandung. Seperti formula talk $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$. Lapisan gipsit pada grup kaolinit dapat diganti dengan lapisan yang mirip dan analog semisal oksida brusit ($\text{Mg}_2(\text{OH})_4$). Struktur umum grup ini yaitu lapisan T-O-T yang menyerupai *sandwich*.

Smektit termasuk *clay* dengan struktur T-O-T yang mirip dengan piropillit, namun apabila memiliki jumlah Mg dan Fe yang tersubstitusi ke dalam lapisan oktahedral maka smektit menjadi dioktahedral dan trioktahedral. Sifat terpenting dari mineral smektit yaitu kemampuannya untuk mengadsorbsi air antara lapisan T-O-T. Kandungan utama smektit yakni montmorilonit, dimana montmorilonit salah satu komponen silikat dari bentonit dengan daya swelling sampai beberapa kali.



Gambar 2.1: Struktur Smektit/Montmorilonit

Struktur umum grup ini yaitu lapisan T-O-T yang menyerupai *sandwich*. Diantara lapisan T-O-T tersebut terjadi interaksi van der Waals.

[Sumber : <http://www.landfood.ubc.ca/soil200/components/mineral.htm>.]

3. Grup Illit (*mica-clay*)

Basis grup illit ialah mikroskopik muskovit terhidrat. Formula umum mineral ini ialah $(K,H)Al_2(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2 \cdot xH_2O$, dengan x mewakili jumlah air yang terkandung. Strukturnya mirip dengan montmorilonit yakni lapisan T-O-T.

4. Grup klorit

Formula umum grup ini ialah $X_4 \cdot 6Y_4O_{10}(OH,O)_8$. dengan X mewakili aluminium lain, besi, litium, magnesium, mangan, nikel, zink dan sedikit kromium. dengan Y mewakili aluminium lainnya, silikon, boron, besi tetapi kebanyakan aluminium dan silikon. Pada grup ini, lapisan gipsit tergantikan dengan lapisan yang analog seperti oksida brusit. Namun struktur grup ini tetap menyerupai *sandwich*.

2.1.3 Bentonit

Istilah bentonit digunakan untuk jenis lempung yang sangat liat/plastis. Bentonit termasuk kedalam kelompok oktahedral, kandungan utamanya yakni montmorillonit. Bentonit yang terbentuk secara alami melalui reaksi hidrotermal dan pelapukan menyebabkan terdapatnya beragam komponen silika seperti kwarsa, feldspar, gipsum, kaolin, illit, dll.

Berdasarkan daya *swelling*, bentonit dibagi menjadi 2 yaitu:

1) *Swelling* bentonit memiliki kemampuan mengembang pada lapisan interlayer. Pengembangan bentonit ini dapat terinterkalasi oleh senyawa lain yang ada dalam campuran. Daya pengembangan bentonit dikarenakan banyak kation Na^+ pada interlayer bentonit.

2) *Non-swelling* bentonit sering disebut juga Ca-bentonit karena posisi kation lebih banyak ditempati ion Ca^{2+} . Pada Ca-bentonit, antara lapisannya terikat lebih kuat sehingga kurang mengembang. Maka biasanya Ca-bentonit perlu digantikan kationnya dengan Na untuk mendapatkan daya *swelling* lebih besar.

1.2 Surfaktan

Surfaktan adalah suatu zat apabila terlarut dalam air akan mempunyai sifat adsorpsi pada permukaan/antarmuka pada sistem dan dapat merubah nilai energi bebas permukaan/antarmuka dari sistem tersebut. Untuk itu, surfaktan berfungsi menurunkan energi bebas antarmuka.

Dalam satu molekul surfaktan, terdiri dari bagian kepala yang memiliki gugus hidrofilik serta gugus hidrofobik sebagai ekornya, sehingga molekul surfaktan ini dikenal sebagai struktur ampipatik. Gugus hidrofobik pada umumnya berupa hidrokarbon yang terdiri dari 8 sampai dengan 22 atom karbon, sedangkan gugus hidrofiliknya terdiri atas gugus karboksilat, sulfonat, sulfat, garam ammonium kuartener dan polioksitilen. Surfaktan pada permukaan polar akan berorientasi dengan gugus hidrofilik menghadap adsorben. Sebaliknya pada permukaan non polar gugus hidrofobik yang menghadap adsorben. (Myers, 1999)

2.2.1 Klasifikasi surfaktan

Klasifikasi surfaktan berdasarkan gugus hidrofiliknya (Myers, 1999) ialah:

1. Surfaktan anionik, yaitu surfaktan dengan bagian permukaan aktifnya membawa muatan negatif. Surfaktan yang termasuk golongan ini contohnya adalah:

Sodium Dodesyl Sulfate (SDS) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{OSO}_3^-\text{Na}^+$, Natrium Stearat $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COO}^-\text{Na}^+$

2. Surfaktan amfoter (zwitter ion), yaitu surfaktan yang mengandung muatan positif maupun negatif pada bagian permukaannya, bergantung pada pH larutan. Pada pH di bawah titik isoelektriknya, surfaktan ini bersifat kationik, sedangkan pada pH di atas titik isoelektriknya, surfaktan ini bersifat anionik. Surfaktan yang termasuk golongan ini, contohnya adalah:

Dodesil Betain, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{NHCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$

3. Surfaktan non ionik, yaitu surfaktan dengan bagian permukaan aktifnya tidak membawa muatan (tidak terionisasi di dalam larutan). Surfaktan yang termasuk golongan ini contohnya adalah:

Tergitol, $\text{C}_9\text{H}_{19}\text{C}_6\text{H}_4\text{O}(\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{O})_{40}\text{H}$,

Poliostilen laurel eter, $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{O}(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_8\text{H}$

4. Surfaktan kationik, yaitu surfaktan dengan bagian permukaan aktifnya membawa muatan positif. Surfaktan kationik biasanya memiliki gugus fungsi amina, ammonium, heterosiklik. Surfaktan yang termasuk golongan ini adalah:

Dodesilamin Hidroklorida, $[\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{NH}_3]^+\text{Cl}^-$

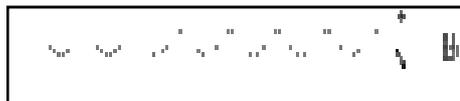
Dodesiltrimetil Amonium Bromida $[\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15}\text{N}(\text{CH}_3)_3]^+\text{Br}^-$

Heksadesil Trimetilamonium Bromida (HDTMA-Br) $[\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{N}(\text{CH}_3)_3]^+\text{Br}^-$

Oktadesil Trimetilamonium Bromida (ODTMA-Br) $[\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{N}(\text{CH}_3)_3]^+\text{Br}^-$

2.2.2 Surfaktan Heksadesil Trimetilamonium Bromida (HDTMA-Br)

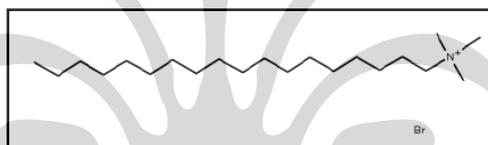
Pada penelitian ini digunakan surfaktan kationik heksadesil trimetilamonium Bromida (HDTMA-Br) yang akan digunakan sebagai agen penginterkalasi untuk bentonit. Sumber surfaktan murni didapat dari Merck. Heksadesil Trimetilamonium Bromida dengan nama lain, Cetrimonium bromida atau cetiltrimetilamonium bromida. (Wikipedia.com 2010) Molekul ini memiliki rumus $\text{C}_{19}\text{H}_{42}\text{NBr}$. Dengan formula molekul yaitu $[\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{N}(\text{CH}_3)_3]^+\text{Br}^-$. Massa molekul surfaktan ini sebesar 364.45 g/mol dengan bentuk fisik berupa serbuk putih.



Gambar 2.2 Heksadesil Trimetilamonium Bromida $[C_{16}H_{33}N(CH_3)_3]^+Br^-$

2.2.3 Surfaktan Oktadesil Trimetilamonium Bromida (ODTMA-Br)

Pada penelitian ini digunakan surfaktan kationik yaitu Oktadesil Trimetilamonium Bromida (ODTMA-Br) sebagai penginterkalasi bentonit. Sumber surfaktan murni didapat dari Sigma Aldrich. Nama lain dari surfaktan ini yakni 1-Oktadekanaminium, N,N,N-trimetil-,bromida (1:1). Molekul ini memiliki rumus $C_{21}H_{46}NBr$ dengan berat molekul 392,52 g/mol dan formula molekulnya $[C_{18}H_{37}N(CH_3)_3]^+Br^-$. Berupa serbuk putih, larut dalam alkohol dan air panas serta berfungsi untuk sterilisasi, pengemulsi, penghalus. (Wikipedia.com 2010)



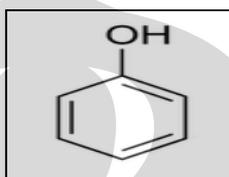
Gambar 2.3 Oktadesil Trimetilamonium Bromida (ODTMA-Br)

2.3 Organoclay

Organoclay dibuat dengan memodifikasi bentonit dengan amina kuarterner dari surfaktan tertentu. Nitrogen pada amina kuarterner tersebut bersifat hidrofilik dengan muatan positif. Maka dari itu kation natrium ataupun kalsium yang ada dalam bentonit tertukar dengan muatan positif surfaktan. Panjang rantai surfaktan yang biasa digunakan yaitu 12-18 atom karbon. Setelah sekitar 30% permukaan *clay* terlapisi surfaktan, maka muatannya menjadi hidrofobik dan organofilik (*Organoclay*,2010). Sedangkan kation Na atau Ca membentuk garam dengan brom dari surfaktan. Sehingga *organoclay* yang dihasilkan netral muatannya. *Clay* dapat berfungsi sebagai resin penukar kation, membran, pemisah minyak/air,dll.

2.4 Fenol

Nama lain fenol yaitu asam karbolat atau benzenol (wikipedia, 2010). Dengan rumus kimia C_6H_5OH dan memiliki struktur gugus cincin fenil yang berikatan dengan hidroksil. Fenol memiliki kelarutan terbatas dalam air, yakni 8,3 gram/100 mL. Mempunyai massa molar 94,11 g/mol. Mempunyai titik didih $181,9\text{ }^\circ\text{C}$ dan titik lebur $40,9\text{ }^\circ\text{C}$.

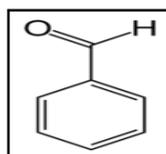


Gambar 2.4 Fenol

Fenol berupa zat kristal tak berwarna yang memiliki bau khas, memiliki sifat yang cenderung asam, yang artinya dapat melepaskan ion H^+ dari gugus hidroksilnya. Pengeluaran ion tersebut menjadikan anion fenoksida $C_6H_5O^-$ dapat dilarutkan dalam air. Dibandingkan dengan alkohol alifatik lainnya, fenol bersifat lebih asam. Akibat dari interaksi orbital antara pasangan oksigen dan sistem aromatik yang mendelokalisasi beban negatif melalui cincin tersebut dan menstabilkan anionnya.

2.5 Benzaldehida

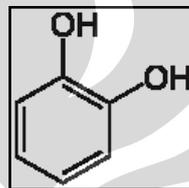
Benzaldehida (C_6H_5CHO) adalah sebuah senyawa kimia yang terdiri dari cincin benzena dengan sebuah substituen aldehida (wikipedia, 2010). Berupa cairan tidak berwarna dengan aroma seperti almond. Nama lainnya fenilmetanal, benzoat aldehida dan benzen karboksaldehida. Densitas larutan 1,0415 g/mL dengan kelarutan dalam air sedikit larut.



Gambar 2.5 Benzaldehida

2.6 Katekol

Katekol disebut juga 1,2-benzenadiol, 1,2-dihidroksibenzen, pirokatekol atau katekin. (wikipedia, 2010) Katekol merupakan senyawa dengan formula molekul $C_6H_4(OH)_2$. Larutan senyawa ini tidak berwarna dan natural terdapat di alam. Katekol dalam bentuk padatan kristalnya berwarna putih dan sedikit larut dalam air. Massa molar 110.1 g/mol dengan densitas 1.344 g/cm^3 , kelarutan dalam air sekitar 43g/100 mL.



Gambar 2.6. Katekol

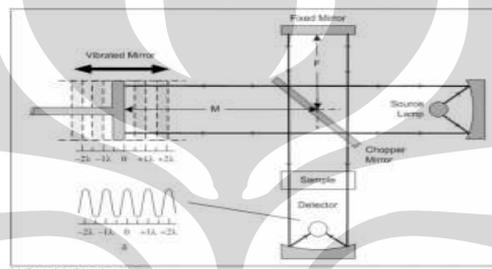
2.7 Karakterisasi

2.7.1 Spektroskopi Inframerah (FT-IR)

Spektroskopi inframerah adalah suatu alat yang sangat besar andilnya dalam mengidentifikasi tipe-tipe ikatan kimia yang menyusun suatu molekul tertentu dengan memproduksi spektrum absorpsi inframerah yang biasanya hasil pengukuran alat ini disebut sebagai sidik jari molekul “finger-print” (wikipedia, 2010). FT-IR banyak digunakan untuk mengidentifikasi bahan kimia baik yang organik maupun anorganik.

Prinsip alat ini bergantung pada vibrasi ikatan molekular dan tipe ikatan molekul. Pada setiap vibrasi akan terbentuk frekuensi spesifik yang akan menyerap energi untuk mengeksitasikan elektron dari tingkat energi rendah ke tingkat energi di atasnya. Energi yang diserap tersebut berasal dari sinar inframerah yang ditembakkan, sehingga perbedaan energi akan berhubungan dengan energi yang diserap molekul.

Berbagai bahan kimia dapat diidentifikasi seperti cat, polimer, pelapis, obat-obatan, dll. Secara kualitatif, FT-IR mengidentifikasi gugus fungsional dalam molekul tersebut. Panjang gelombang cahaya yang diserap ialah sesuai karakter ikatan kimia yang dapat dilihat spektrum khasnya. Biasanya pada senyawa anorganik, spektra yang muncul lebih simpel. Seperti halnya spektra Si-CH₃, Si-O-Si, Si-C, dll. Penggunaannya untuk analisis kuantitatif dihitung dengan hubungan antara spektrum absorpsi dan konsentrasi biasanya untuk pengukuran jumlah silika dalam industri.



Gambar 2.7. Sistem Optik FTIR

2.7.2 Difraksi Sinar-X (XRD)

Sinar X dapat digunakan untuk menghasilkan pola difraksi tertentu yang dapat digunakan dalam analisis kualitatif dan kuantitatif material. Apabila suatu material dikenai sinar X, maka intensitas sinar yang ditransmisikan lebih rendah dari intensitas sinar datang. Hal ini disebabkan adanya penyerapan oleh material dan juga penghamburan oleh atom-atom dalam material tersebut. Berkas sinar X yang dihamburkan tersebut ada yang saling menghilangkan karena fasanya berbeda dan ada juga yang saling menguatkan karena fasanya sama. Berkas sinar X yang saling menguatkan itulah yang disebut sebagai berkas difraksi. Hukum Bragg merupakan perumusan matematika tentang persyaratan yang harus dipenuhi agar berkas sinar X yang dihamburkan tersebut merupakan berkas difraksi.

Kegunaan pengukuran XRD yakni mengidentifikasi kristal dengan mempelajari pola difraksinya. Secara spesifik dapat digunakan untuk mengidentifikasi

dan menganalisis struktur mineral *clay*, keramik, dll. Bahkan dapat juga mendeterminasi jumlah kuantitas beberapa fasa yang diuji dengan mengkalulasikan rasio puncak, determinasi bentuk kristal dengan mempelajari kesimetrian puncak.

2.7.3 Spektrofotometer UV/ Visibel

Untuk mengetahui alasan timbulnya warna pada senyawaan tertentu, dapat digunakan determinasi antara hubungan warna dengan konjugasi yang muncul. Perhitungan yang akurat dilakukan dengan menyinari sinar lalu dilihat berapa banyak sinar yang terserap pada panjang gelombang tertentu.

Daerah spektrum UV yang digunakan di atas 200 nm diperkirakan energinya mencapai 143 kkal/mol. energi tersebut cukup untuk mengeksitasi elektron molekul ke tingkat yang lebih tinggi lagi. Fenomena ini sering disebut sebagai spektroskopi elektronik. Promosi elektron yang terjadi biasanya dari orbital yang penuh elektron (HOMO) ke orbital yang kurang elektron (LUMO). Ketika molekul sampel disinari cahaya yang memiliki energi yang sesuai, terjadi kemungkinan transisi elektronik antara molekul. Beberapa sinarnya akan terabsorb dan ada yang diteruskan. Sinar yang tidak diserap akan terdeteksi pada alat dan menghasilkan spektrum dengan absorbansi spesifik pada setiap panjang gelombang tertentu.

2.7.4 Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS)

SEM sangat berguna untuk mendapatkan gambaran umum morfologi suatu material. Perbedaan kontras warna yang terdeteksi mewakili topografi permukaan dan komposisi elemen yang berbeda. Untuk teknik analisis EDS digunakan setelah analisis dengan SEM. EDS berguna untuk karakterisasi secara kimia suatu specimen dalam konteks mikroanalisis. Alat ini dapat menghasilkan data analisis kualitatif dan semi kuantitatif. SEM-EDS memungkinkan kita mengidentifikasi fasa dan kimiawi pada material yang tidak diketahui. Determinasi intra dan interfasa distribusi elemen dengan pemetaan sinar-X. Dapat mendeterminasi kristal yang cacat atau rusak, propagasi arah kerusakan kristal serta mengetahui kontaminan. (rtiintl.com 2010)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat-alat yang digunakan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: labu ukur, gelas ukur, pipet volumetri, pipet tetes, gelas beker, batang pengaduk, botol semprot, bulb, tabung reaksi, mortar, neraca analitik, oven, sonikator, ayakan mesh, *magnetic stirrer*.

3.1.2 Alat Uji

Alat uji yang digunakan untuk karakterisasi organoclay ialah spektrofotometer UV-Vis, spektrofotometer FT-IR, Difraksi sinar-X (XRD), SEM-EDS.

3.1.3 Bahan-bahan yang digunakan

- Bentonit Alam
- Akuades
- Fenol
- Katekol
- AgNO₃
- Benzaldehida
- Etilendiamin (EDA)
- Tembaga (II) Klorida (CuCl₂)
- Heksadesil Trimetilamonium Bromida (HDTMA-Br)
- Oktadesil Trimetilamonium Bromida (ODTMA-Br)

3.2 Prosedur kerja

3.2.1 Preparasi Bentonit

Memanaskan serbuk bentonit pada suhu 105 °C selama 2 jam. Kemudian bentonit yang sudah dikeringkan dikarakterisasi.

3.2.2 Fraksinasi Sedimentasi Bentonit

Sebanyak 100 gram bentonit dimasukkan kedalam gelas beker dan ditambahkan 2 Liter akuades. Campuran tersebut diaduk dengan stirrer selama 30 menit kemudian didiamkan selama 5 menit. Endapan yang terbentuk dipisahkan dengan dekantasi. Endapan ini disebut sebagai fraksi satu (F1). Suspensi sisa fraksi satu didiamkan kembali selama 30 menit. Endapan yang didapat ialah fraksi dua (F2). Endapan dari fraksi dua lalu dikeringkan dalam oven dengan suhu 105 °C sampai kering.

3.2.3 Sintesis Na-Bentonit

Sebanyak 20 gram bentonit fraksi dua disuspensikan ke dalam 600 mL larutan NaCl 1 M. Pengadukan suspensi dengan stirrer selama 12 jam. Dekantasi campuran dan diambil endapannya. Endapan tersebut didispersikan kembali dengan 600 mL NaCl 1 M. Dilakukan pengadukan dengan stirrer kembali selama 12 jam, lalu endapan didekantasi. Endapan dicuci dengan akuades beberapa kali. Filtrat diuji dengan menambahkan AgNO₃ 1 M beberapa mL sampai yakin tidak terbentuk endapan putih AgCl. Setelah dilakukan pencucian, endapan kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 110-120 °C. Endapan digerus dan diayak hingga berukuran 200 mesh. Na-bentonit yang diperoleh di karakterisasi dengan XRD dan FT-IR.

3.2.4 Penentuan Kapasitas Tukar Kation (KTK)

Larutan 0.05 M Cu(EDA)₂²⁺ dibuat dengan mencampurkan larutan CuCl₂ 1M dan larutan etilendiamin 1 M dengan perbandingan stoikiometri (1:2). Sebanyak 0.1

gram bentonit disuspensikan dengan 5 mL larutan kompleks Cu(EDA)_2^{2+} dan akuades 20 mL. Kemudian suspensi diaduk dengan stirrer. Absorbansi larutan sebelum dan setelah dicampur diukur dengan spektrofotometer UV/Vis pada λ maks 546 nm. Dibuat larutan standar yang mendekati absorbansi filtrat larutan kompleks setelah distirrer.

3.2.5 Sintesis *Organoclay*

3.2.5.1 Sintesis *Organoclay* Dengan Surfaktan HDTMA-Br Sebagai Penginterkalasi

Sebanyak 2 gram Na-bentonit didispersikan dalam 20 mL akuades. Dilakukan pengadukan selama 12 jam. Melarutkan HDTMA-Br dalam 30 mL akuades dengan variasi 1,0; 2,0; dan 2,5 KTK. HDTMA-Br yang sudah siap ditambahkan ke dalam suspensi secara perlahan-lahan pada suhu suspensi 60°C . Dilakukan pengadukan dengan stirrer selama 6 jam. Campuran diultrasonik pada suhu 60°C selama 30 menit. Suspensi didekantasi, endapan dicuci beberapa kali dengan akuades sampai yakin tidak ada bromida yang tersisa. Sentrifugasi campuran tersebut lalu oven dengan suhu 60°C selama 3 jam. Hasil *organoclay* yang didapat diuji dengan XRD, dan FT-IR.

3.2.5.2 Sintesis *Organoclay* Dengan Surfaktan ODTMA-Br Sebagai Penginterkalasi

Sebanyak 2 gram Na-bentonit didispersikan dalam 20 mL akuades dan dilakukan pengadukan selama 12 jam. Melarutkan ODTMA-Br dalam 30 mL akuades dengan variasi 1,0; 2,0; dan 2,5 KTK. ODTMA-Br yang sudah siap ditambahkan ke dalam suspensi secara perlahan-lahan pada suhu suspensi 60°C . Dilakukan pengadukan dengan stirrer selama 6 jam. Campuran diultrasonik pada suhu 60°C selama 30 menit. Suspensi didekantasi, endapan dicuci beberapa kali dengan akuades sampai yakin tidak ada bromida yang tersisa. Sentrifugasi campuran tersebut lalu

oven dengan suhu 60⁰C selama 3 jam. Hasil *organoclay* yang didapat diuji dengan XRD, dan FT-IR.

3.2.6 Aplikasi *Organoclay* Sebagai Adsorben

Masing-masing *organoclay* terinterkalasi HDTMABr dan ODTMABr sebanyak 0,5 gram didispersikan ke dalam 25 mL larutan fenol 50 ppm, katekol 50 ppm dan larutan benzaldehid 50 ppm. Untuk setiap campuran yang ada diaduk dengan stirrer selama 30 menit dan 120 menit. Untuk pengambilan filtrat, campuran didiamkan selama 30 menit. Kemudian filtrat dari campuran diambil untuk kemudian di karakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis. Untuk mengetahui konsentrasi larutan yang diuji, dibuatkan larutan standar fenol, katekol, dan benzaldehida 50 ppm, 30 ppm, 20 ppm, 10 ppm, dan 5 ppm. Endapan yang ada kemudian dikeringkan dan digerus sampai membentuk serbuk lalu dikarakterisasi dengan FT-IR.

BAB IV

PEMBAHASAN

4. 1. Preparasi Bentonit

Untuk dapat dilakukan karakterisasi dengan XRD, bentonit dikeringkan terlebih dulu dengan oven suhu 110°C . Bentonit yang masih terdiri dari berbagai komposisi harus dipreparasi terlebih dahulu dengan fraksinasi sedimen, sehingga diharapkan bentonit fraksi halus tersebut mengandung banyak montmorilonit yang memiliki daya *swelling* lebih besar dibandingkan senyawaan silikat lainnya.

Fraksinasi sedimen dilakukan dengan mendispersikan bentonit ke dalam akuademin (1:10). Suspensi diaduk dengan stirrer selama 30 menit. Kemudian dibiarkan mengendap selama lima menit, dekantasi endapannya. Hasil endapan disebut fraksi 1. Sisa filtrat tadi dibiarkan mengendap kembali selama 30 menit untuk mendapatkan endapan fraksi dua setelah didekantasi.

Fraksinasi dilakukan juga untuk menghilangkan pengotor nonsilika seperti karbon arang yang terapung di permukaan suspensi. Selain itu juga untuk dapat memisahkan bentonit yang mengandung Fe dengan mendekantasikan bentonit dan diambil filtratnya karena bentonit yang mengandung logam Fe akan lebih berat dan cepat mengendap. Menurut Irwansyah (2007), fraksi dua bentonit alam yang digunakan dari daerah yang sama mengandung montmorilonit lebih banyak dari fraksi lainnya.

Semakin lama pengendapan, laju penambahan ketebalan sedimen semakin besar setelah dilakukan pengadukan dengan stirrer. Hal ini merepresentasikan bahwa bentonit yang lebih lama mengendap dapat dikarenakan interaksi yang terjadi antara lapisan silikat dengan molekul air lebih besar. Interaksi antara lapisan silikat dengan molekul air dapat bergantung pada jenis kation yang terinterkalasi.

Proses sedimentasi bentonit yakni memisahkan bentonit berdasarkan kemampuannya berinteraksi dengan molekul air. Pada penelitian ini tidak dilakukan purifikasi terhadap bentonit, karena menurut Irwansyah, perlakuan kimia yang diberikan terhadap bentonit akan mengurangi kandungan montmorilonitnya. Ketahanan suatu lapisan silikat terhadap penambahan bahan kimia berbeda-beda untuk *clay* yang berbeda. Selain itu, dipengaruhi juga pH dan temperatur suspensi.

Dari fraksi dua yang didapatkan, dikarakterisasi dengan menggunakan pengukuran FT-IR pada Lampiran 1 dapat dilihat, bahwa ada sedikit sekali puncak Fe(II) pada bilangan gelombang 3620-3627 cm^{-1} . Sangat berbeda sekali dengan pengukuran FT-IR bentonit fraksi dua yang dilakukan oleh Irwansyah, 2007. Kehadiran Fe(II) ini tidak diharapkan dalam lapisan bentonit, karena dapat berinteraksi dengan OH struktural bentonit menjadi $[\text{Fe}^{2+}]_3\text{OH}$.

Di alam, apabila keempat atom O dari SiO_4 dipakai bersama, akan membentuk kerangka silikat SiO_2 dan apabila atom Si diganti dengan atom yang berbeda namun cocok ukurannya, maka atom tersebut dapat mengisi kisi-kisi kristalnya. Sedangkan apabila diganti dengan atom Al, ketidakseimbangan muatan yang terjadi dinetralkan dengan masuknya kation +1 (M+) dan -2 untuk penambahan O. Sehingga beberapa kation monovalen dan divalen dapat masuk ke dalam struktur silika seperti KAl, CaAl, dan FeAl (Handoyo, 2001). Oleh karena itulah, muncul puncak Fe(II) dalam struktur silikat bentonit alam.

Pada Lampiran 1 dan 2 diketahui puncak vibrasi Si-O, Al-O muncul sekitar 500-1000 cm^{-1} . Sedangkan puncak untuk OH struktural pada kerangka silikat bentonit muncul sekitar 3600 cm^{-1} . Sedangkan untuk puncak uluran dan tekukan HOH pada molekul air, terdapat pada 3400 cm^{-1} dan 1600 cm^{-1} .

Untuk mendapatkan hasil *organoclay* yang lebih baik, dilakukan penyeragaman kation pada interlayer bentonit. Bentonit didispersikan ke dalam 600 mL NaCl 1 M untuk menginterkalasi kation Na ke dalam bentonit. Interkalasi dilakukan dua kali dengan NaCl yang baru agar semua kation dapat tertukar dengan Na. Bentonit harus

bebas klorida, maka dari itu pencucian endapan dilakukan berulang kali sampai tidak ada lagi klorida yang bersisa setelah diuji dengan AgNO_3 . Hasil FT-IR Lampiran 2 dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan puncak pada Na-bentonit karena kandungan silikatnya lebih banyak daripada bentonit fraksi dua. Selain itu, diharapkan pula Na-bentonit yang dihasilkan memiliki karakteristik yang mirip dengan bentonit komersial.

Tabel 4.1 Puncak-puncak yang terdeteksi pada fraksi 2 dan Na-bentonit (Yurudu, 2005)

Jenis spektra	Bilangan gelombang (cm^{-1}) fraksi 2 bentonit	Bilangan gelombang (cm^{-1}) Na-bentonit
Uluran O-H struktural	3630	3631
Uluran O-H dari molekul air	3382	3439
Deformasi HOH dari molekul air	1631	1631
Si-O-Si, Mg-Al-OH, Al-O, dan Si-O-Fe vibrasi	995, 790, 621, 472	1018, 779, 624, 470
Deformasi Al-Al-OH, Mg-Al-OH, Fe^{3+} MgOH	914, 842, 790	914, 840, 779
Si-O Tekukan	520, 472	520, 470

1.2 Penentuan Kapasitas Tukar Kation (KTK)

Setelah itu, Na-bentonit yang dihasilkan diuji kapasitas tukar kationnya dengan salah satu metode. Pada penelitian kali ini, digunakan metode penentuan kompleks $\text{Cu}(\text{EDA})_2^{2+}$. Larutan 0,05 M $\text{Cu}(\text{EDA})_2^{2+}$ diaduk dengan Na-bentonit, agar terjadi pertukaran kation. Hal ini dimungkinkan karena pertukaran kation dengan logam berat bersifat irreversibel, dan tidak bergantung pH (Bergaya, 1997).

Kelemahan metode ini menurut Bergaya, 1997 diantaranya tidak sesuai apabila digunakan bentonit yang mengandung ion Cu^{2+} . Sedangkan beberapa keuntungan bila dibandingkan dengan metode Kjeldahl, reaksi tunggal yang terjadi pada metode ini lebih cepat dan komplit dalam pertukaran kationnya termasuk juga logam berat yang

ada ikut tergantikan. Determinasi jumlah KTK dapat dilakukan dengan beberapa cara yang dianggap sesuai. Selain itu, hasil KTK lebih reproduisibel dengan akurasi sekitar 10 % untuk $CEC < 20$ meq/100 gram *clay*.

Perhitungan luas permukaan yang dibutuhkan kompleks $Cu(EDA)_2^{2+}$ sekitar 71 \AA^2 (Ammann, 2003). Pada penelitian ini, determinasi adanya kompleks $Cu(EDA)_2^{2+}$ dilakukan dengan pengukuran spektrofotometer visibel (Kurniawan, 2008). Dengan menghitung kompleks tembaga amin yang bersisa, dapat diketahui jumlah kompleks yang terserap, sehingga nilai KTK dapat dihitung. Perhitungan dilakukan dengan membuat plot kurva konsentrasi dengan absorbansi.

Tabel 4.2 Tabel konsentrasi larutan $Cu(EDA)_2^{2+}$ sebelum dan setelah dilakukan pengadukan suspensi dengan stirrer

Jenis sampel	Absorbansi	Konsentrasi (M)
Sebelum distirrer	0.071	0.000987
Setelah distirrer	0.003	0.00008

Dari plot kurva standar larutan $Cu(EDA)_2^{2+}$ setelah pengukuran dengan spektrofotometer Visibel didapatkan $y = 75x - 0,003$ dengan $R^2 = 0,994$, persamaan linier tersebut digunakan untuk mengetahui konsentrasi $Cu(EDA)_2^{2+}$ bersisa. Perhitungan KTK Na-bentonit didapatkan sebesar 45,35 (mek/100gram) tercantum dalam Lampiran 7. Nilai ini masih lebih rendah dari KTK dengan metode tembaga amin pada skripsi (Kurniawan, 2008) yakni sebesar 78,89 mek/100gram. Sedangkan untuk metoda pertukaran Barium, didapatkan 32,65 mek/100gram pada bentonit komersial.

4.3 Sintesis *Organoclay*

Untuk selanjutnya, dilakukan sintesis *organoclay* dengan surfaktan kationik yang berbeda panjang rantai ekornya. Karena menurut (Syuhada dkk, 2009) rantai

alkil yang lebih panjang pada surfaktan akan menghasilkan *organoclay* dengan stabilitas panas dan peningkatan *d-spacing* yang lebih baik. Oleh karena itulah, konsentrasi surfaktan yang digunakan sebesar 1,0 KTK diharapkan dapat memberikan hasil yang optimal (Syuhada dkk, 2009). Karena dengan KTK yang lebih besar dari 1,0 akan mengurangi peningkatan *d-spacing* sehingga menurunkan kapasitas adsorpsi *organoclay* terhadap molekul organik yang bersifat hidrofobik.

Untuk itulah, sintesis dilakukan dengan mensuspensikan Na-bentonit 1,0 KTK ke dalam surfaktan kationik dengan perbandingan 1:10 mL. Suhu suspensi diatur pada 60 °C bertujuan agar surfaktan dapat masuk secara maksimal ke dalam interlayer karena konformasi *gauche* pada rantai alkil akan memudahkan orientasi penataan rantai ekor surfaktan. Selain itu, penambahan surfaktan harus perlahan untuk mengurangi terjadinya agregat. Maka setelah dilakukan pengadukan, suspensi diultrasonikasi selama 30 menit untuk memecah agregat.

Na-bentonit yang telah disintesis ditambahkan surfaktan kationik ke dalamnya. Surfaktan yang ditambahkan memiliki panjang rantai karbon yang berbeda dan akan dilihat sifat khas yang muncul. Penggunaan bentonit yang telah diseragamkan dengan Na ditujukan agar surfaktan dapat lebih mudah masuk karena spasi interlayer tersebut lebih besar dari Ca-bentonit atau bentonit alam. Selain itu, apabila interlayer bentonit telah diseragamkan dengan kation monovalen Na, proses pertukaran kation dapat diketahui lebih tepat karena stoikiometri yang terlibat dalam proses substitusinya memiliki perbandingan yang sama. Selanjutnya dilihat pengaruhnya pada *basal spacing* interlayer bentonit alam, dan diharapkan nilai *basal spacing* dari bentonit dapat meningkat sebanding dengan besarnya KTK yang digunakan.

Data FT-IR (Lampiran 4 dan 5), didapatkan bahwa surfaktan HDTMABr dan ODTMABr telah terinterkalasi ke dalam bentonit. Telah muncul puncak baru pada sekitar 3016 cm⁻¹ untuk vibrasi uluran amina primer. Sedangkan untuk uluran simetri grup metil dan metilen muncul pada 2900 cm⁻¹ dan 2800 cm⁻¹. Namun untuk puncak lainnya yang biasa ada dalam bentonit mengalami pergeseran yang sama antara

organoclay dengan surfaktan HDTMABr dan ODTMABr. Di bawah ini dapat dilihat puncak-puncak yang muncul pada kedua jenis *organoclay*.

Vibrasi uluran CH₂ antisimetrik dan simetrik sangat sensitif dengan perubahan konformasi trans dan *gauche* atau interaksi pada rantai alkil panjangnya. Pergeseran puncak ke arah bilangan gelombang yang lebih tinggi menunjukkan konformasi *gauche*. Sedangkan sebaliknya, pergeseran puncak ke arah bilangan gelombang yang lebih rendah menunjukkan konformasi trans. Maka frekuensi vibrasi uluran CH₂ dapat dijadikan penentu lingkungan di sekitar surfaktan dalam interlayer bentonit. Konformasi *gauche* terjadi bila lingkungan sekitar surfaktan tidak teratur pada temperatur yang lebih tinggi atau bersifat *liquid-like*. Sedangkan untuk konformasi trans, merepresentasikan lingkungan yang bersifat *solid-like* (Frost *et, al*, 2007).

Tabel 4.3. Puncak-puncak yang terdeteksi pada *organoclay*

[Sumber: Yurudu C, S. 2005]

Jenis Spektra	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹) HDTMA-bentonit	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹) ODTMA-bentonit
Uluran O-H Struktural	3705	3705
Uluran O-H dari Molekul Air	3464	3464
HOH Deformasi dari Molekul Air	1874	1876
Si-O-Si, Mg-Al-OH, Al-O, Si-O-Mg dan Si-O-Fe Vibrasi	1045, 796, 623, 520, 472	1045, 796, 621, 520, 470
Amina Primer NH ₃ ⁺ Asimetrik dan Simetrik Uluran Vibrasi	3016	3016
Aliphatik C-H Asimetrik dan Simetrik Uluran Vibrasi	2922, 2850	2920, 2850
C-H, Si-O Tekukan	1417, 520, 472	1420, 520, 470
Tekukan NH ₃ ⁺ Asimetrik dan Simetrik	1541-1566	1541-1566

Pergeseran puncak metil dan metilen ke arah panjang gelombang lebih tinggi terjadi karena adanya perubahan konformasi rantai surfaktan dari konformasi trans menjadi *gauche* pada temperatur sekitar 50 °C. Dapat diduga bahwa terbentuknya konformasi trans dengan fase teratur disebabkan adanya peningkatan densitas

pengemasan serta interaksi antara rantai alkil dengan peningkatan panjang rantai dan banyaknya rantai yang berikatan pada atom nitrogen. (Osman et al. hal: 2586, 2004)

Semakin besar spasi interlayer yang terbentuk, maka akan semakin mudah rantai polimer yang akan terinterkalasi dalam bentonit. Nanokomposit akan terbentuk dimana ada sedikit inklusi rantai polimer antara lapisan-lapisan bentonit. Artinya, struktur bentonit yang tereksfoliasi terbentuk apabila lapisan-lapisan bentonit terpisah secara individual dan kemudian terdispersi ke dalam matriks polimer secara kontinu. Diharapkan bentonit yang terdispersi seragam dalam polimer akan meningkatkan sifat mekanikal nanokomposit. (Ahmadi S.J. et al 2003, pp: 416)

Tabel 4.4 Orientasi surfaktan pada variasi *organoclay*

Sampel Bentonit	Posisi 2Theta	Basal Spacing d (Å)	Orientasi Surfaktan
Na-bentonit	5,585	15,81042	Monolayer
HDTMA-bentonit 1,0 KTK	4,7858	18,44949	Bilayer
ODTMA-bentonit 1,0 KTK	4,7160	18,72248	Bilayer
HDTMA-bentonit 2,5 KTK	4,508	19,5855	Bilayer
ODTMA-bentonit 2,5 KTK	4,364	20,23088	Pseudotrilyer

Untuk data XRD pada tabel terjadi peningkatan *spacing* pada interlayernya. Berdasarkan (Frost, *et al*, 2006) penentuan orientasi surfaktan dengan pengurangan ketebalan lapisan tunggal montmorilonit sekitar 9,7 Å. *Spacing* interlayer tersebut kemudian dibagi dengan lebar gugus kepala surfaktan senilai 6,1 Å.

Pada pengukuran SEM ODTMA-bentonit 1,0 KTK, pada Lampiran 8 dapat terlihat morfologinya secara jelas bahwa struktur bentonit terdiri dari tumpukan-tumpukan lapisan silikat. Pengukuran komposisi bentonit dilakukan dengan EDX, diketahui bahwa sudah tidak ada kation Na dan tergantikan kation nitrogen surfaktan sebesar 6,81 % dengan rasio Si/Al sebesar 3,5. Jumlah pengotor Fe terdeteksi lebih kecil apabila dibandingkan dengan *organoclay* yang dibuat Irwansyah, 2007.

4.4 Aplikasi

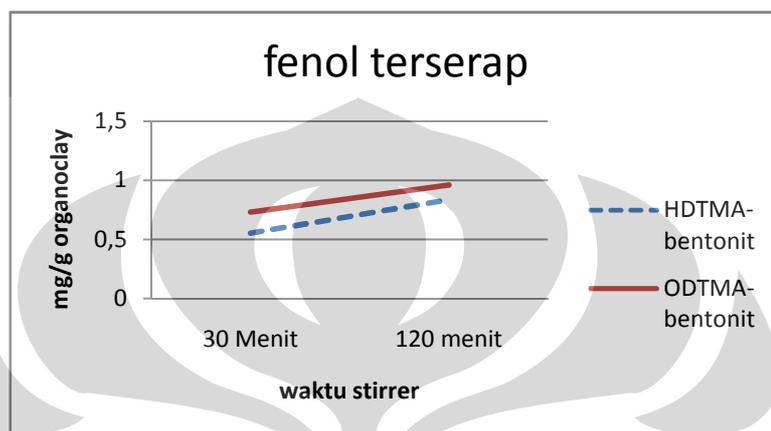
Untuk aplikasi pengujian sifat adsorben *organoclay*, dalam penelitian ini digunakan fenol, katekol, dan benzaldehida, yang memiliki cincin fenil. Diharapkan senyawa organik tersebut dapat terserap ke dalam bentonit. Interaksi yang terjadi antara senyawa organik dengan *organoclay* diantaranya interaksi hidrofobik antara rantai panjang surfaktan dengan gugus nonpolar yang ada pada senyawa organik dan interaksi hidrofilik antara gugus yang lebih polar dengan atom gugus OH pada silanol yang dimiliki bentonit. Dari penelitian ini, didapatkan data pada Lampiran 5 bahwa fenol dan benzaldehida dapat teradsorb ke dalam bentonit.

Pengukuran dilakukan dengan melakukan pengadukan suspensi antara *organoclay* dengan 25 mL larutan senyawa organik 50 ppm. Setiap 30 menit dan 120 menit pengadukan dihentikan sampai endapan terpisah dari filtrat. Menurut Nurdiansyah, 2007 dengan waktu stirrer 120 menit proses adsorpsi menurun ditunjukkan dengan kemiringan grafik yang kurang tajam, maka dilakukan stirrer hanya sampai waktu 120 menit. Kemudian diambil filtrat untuk diukur dengan spektrofotometer UV. Dari larutan standar yang telah dibuat, diukur spektranya untuk mendapatkan λ maksimum dan persamaan linier kurva tersebut.

Digunakan dua jenis *organoclay* dengan surfaktan kationik terinterkalasi yang berbeda. Diharapkan dapat memberi informasi mengenai kemampuan masing-masing *organoclay* untuk menyerap senyawa organik yang polar. Surfaktan yang digunakan memiliki karbon 16 dan 18 pada rantainya. Meski tidak berbeda jauh jumlahnya, namun sifat kepolaran yang ada pada *organoclay* berpengaruh terhadap jenis senyawa organik yang dapat terserap. Hal ini diharapkan dapat menjadi studi awal pola adsorpsi beberapa senyawa organik yang berbeda kepolarannya ke dalam bentonit. Untuk selanjutnya *organoclay* ini dapat digunakan sebagai bahan pengisi dalam teknologi nanokomposit polimer. Dengan sifat hidrofobik dan hidrofilik yang dimiliki *organoclay* itulah yang dapat menjadikannya sebagai *filler* dalam pembuatan nanokomposit.

4.4.1 *Organoclay* Sebagai Adsorben Fenol

Dari data yang didapatkan, diketahui bahwa jumlah fenol yang terserap lebih banyak pada ODTMA-Bentonit.



Gambar 4.1 Kurva adsorpsi fenol pada HDTMA-bentonit dan ODTMA-bentonit

Pada senyawa organik yang berbeda, jumlah yang terserap bergantung pada kepolaran senyawa tersebut, serta interaksi yang dapat terjadi diantaranya. Adsorpsi dapat terjadi di permukaan bentonit ataupun pada interlayer bentonit yang sudah bersifat hidrofobik.

Data jumlah senyawa organik yang terserap pada *organoclay* didapatkan seperti pada tabel berikut:

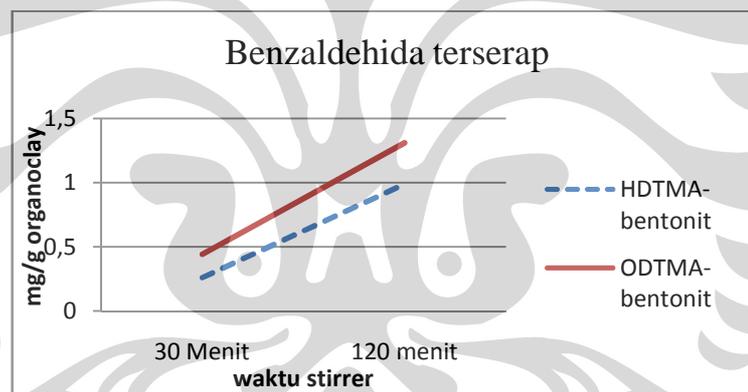
Tabel 4.5 Perbandingan serapan fenol, benzaldehida, dan katekol pada *organoclay*

waktu	Jumlah Fenol Terserap (mg/gram clay)		Jumlah Benzaldehida Terserap (mg/gram clay)		Jumlah Katekol Terserap (mg/gram clay)	
	HDTMA-bentonit	ODTMA-bentonit	HDTMA-bentonit	ODTMA-bentonit	HDTMA-bentonit	ODTMA-bentonit
30 Menit	0,552	0,732	0,259	0,442	0,324	0,272
120 menit	0,836	0,96	0,989	1,31	1,212	0,338

4.4.2 *Organoclay* sebagai adsorben benzaldehida

Dalam penelitian ini, diujikan kemampuan *organoclay* menyerap benzaldehida dalam pelarut air. Kelarutan benzaldehida dalam air pada konsentrasi ppm yang masih cukup besar. Terlebih dulu diplot kurva standar variasi konsentrasi benzaldehida untuk mendapatkan persamaan linier pada panjang gelombang maksimum yaitu 254 nm.

Walaupun dengan struktur yang mirip antara fenol dan benzaldehida, namun kepolaran masing-masing sangat berbeda sekali. Hal ini dikarenakan atom O pada benzaldehida terikat dengan atom C gugus aldehida tersebut. Untuk itu, benzaldehida dapat berinteraksi dengan *organoclay* melalui gugus polarnya.



Gambar 4.2 Kurva adsorpsi benzaldehida pada HDTMA-bentonit dan ODTMA-bentonit

Apabila dibandingkan, benzaldehida lebih besar teradsorpsi daripada fenol. Hal ini mungkin dikarenakan kepolaran fenol lebih besar, sehingga hanya sebagian dapat berinteraksi melalui gugus silanol pada *organoclay*. Sedangkan untuk benzaldehida yang lebih nonpolar, lebih tertarik untuk berinteraksi dengan rantai panjang surfaktan yang terinterkalasi dalam bentonit sesuai dengan kriteria *like dissolved like*.

Data FT-IR Lampiran 4, 5, dan 6 dapat dilihat puncak-puncak khas pada *organoclay* yang telah mengadsorb fenol dan benzaldehida.

Tabel 4.6 Puncak-puncak yang terdeteksi pada *organoclay* yang telah menyerap fenol dan benzaldehida

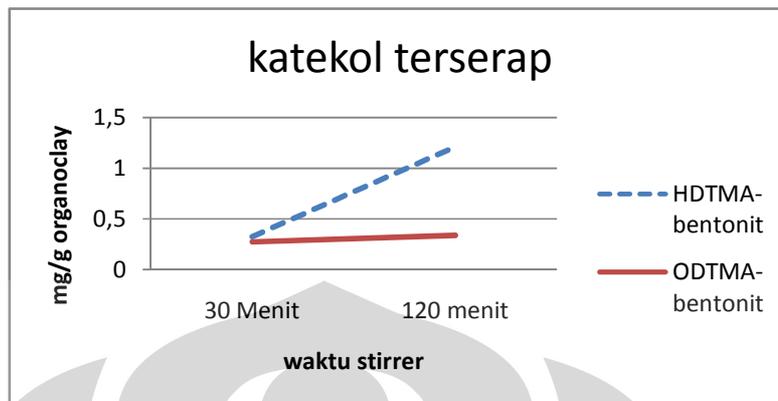
Jenis spektra	Bilangan gelombang (cm ⁻¹) <i>organoclay</i> teradsorb fenol	Bilangan gelombang (cm ⁻¹) <i>organoclay</i> teradsorb benzaldehida
Uluran C-H cincin benzen	3100	3105
Uluran C=O aldehyd	-	1710
C=C cincin benzen	1641	1600
ikatan hidrogen O-H fenol	3350	-

Dari data tersebut di atas diketahui bahwa benar telah terserap senyawa fenol dan benzaldehida ke dalam bentonit yang telah dimodifikasi dengan surfaktan kationik. Untuk itu, dapat diketahui bahwa bentonit yang telah terinterkalasi lebih mudah menyerap benzaldehida daripada fenol. Hal ini disebabkan ada lebih banyak gugus polar dari surfaktan yang bisa berinteraksi dengan senyawa organik polar.

4.4.3 *Organoclay* Sebagai Adsorben katekol

Pada penelitian kali ini, didapatkan data bahwa konsentrasi katekol terserap pada *organoclay* lebih besar dengan HDTMABr sebagai agen penginterkalasinya. Hal ini mungkin dikarenakan katekol dapat terserap pada bentonit dengan rantai karbon yang lebih pendek sebab kepolarannya berkurang. Variasi waktu pada katekol dimulai pada 30 menit.

Secara struktural, katekol bersifat lebih polar dengan adanya dua gugus hidroksi. Dengan begitu, katekol sukar berinteraksi dengan *organoclay* yang bersifat hidrofobik, karena lebih banyak berikatan hidrogen yang kuat dengan molekul air yang ada di sekitarnya. Sedangkan untuk fenol, hanya memiliki satu gugus hidroksi yang dapat berinteraksi dengan mudah pada gugus silanol bentonit.



Gambar 4.3 Kurva adsorpsi Katekol pada HDTMA-bentonit dan ODTMA-bentonit

Apabila dibandingkan beberapa senyawa organik yang dapat terserap dalam bentonit terinterkalasi surfaktan, gugus yang dimiliki senyawa tersebut sangat berperan terhadap interaksi yang muncul pada bentonit. Fenol dengan satu gugus hidroksi lebih banyak terserap dibandingkan katekol yang memiliki dua gugus hidroksi. Sedangkan benzaldehida yang lebih nonpolar dibandingkan dengan dua senyawa organik lainnya, mampu terserap lebih banyak dalam bentonit terinterkalasi surfaktan kationik.

4.5 Mekanisme Adsorpsi Senyawa Organik Pada *Organoclay*

Mineral lempung memiliki daya adsorpsi yang baik dikarenakan sedikitnya ada tiga faktor yang mengontrol kapasitas adsorpsi bentonit. Ketiga faktor tersebut memengaruhi kemampuan adsorpsi *clay* secara bersama. Luas spesifik permukaan montmorilonit murni berkisar antara 800–810 m²/g. (Ammann,hal:74 2003)

1. Jumlah total muatan dan densitasnya pada permukaan mineral lempung.
2. Keasaman dan jumlah gugus hidroksil serta atom oksigen yang ada pada permukaan lempung.
3. Luas permukaan spesifik mineral lempung atau yang disebut kapasitas tukar kation.

Secara garis besar, proses adsorpsi molekul organik pada *clay*, dapat terjadi di permukaan luar dan interlamelarnya. Sisi aktif dan gugus fungsi yang ada pada permukaan *clay* didasarkan pada penataan geometrik serta komposisi kimia *clay*. Ada enam jenis sisi aktif yang ada pada permukaan *clay* (Yunfei Xi, hal: 29. 2006) yakni:

1. Sisi isomorfis substitusi

Apabila lapisan *clay* mengalami isomorfis substitusi, muatan total yang ada menjadi negatif. Sehingga kation akan berinteraksi elektrostatis dengan lapisan *clay* tersebut.

2. Sisi hidrofobik

Sisi hidrofobik pada permukaan *clay* berupa Si-O-Si tidak reaktif karena ikatan diantaranya kuat. Namun bila telah tergantikan dengan Al, reaktifitas dan keasamannya meningkat.

3. Cacatnya kristal

Sisi jembatan oksigen yang patah pada lapisan tetrahedral atau oktahedral juga berpengaruh pada daya adsorb *clay*. Putusnya ikatan sharing pada jembatan oksigen dapat menimbulkan muatan pada permukaan.

4. Sisi permukaan kation

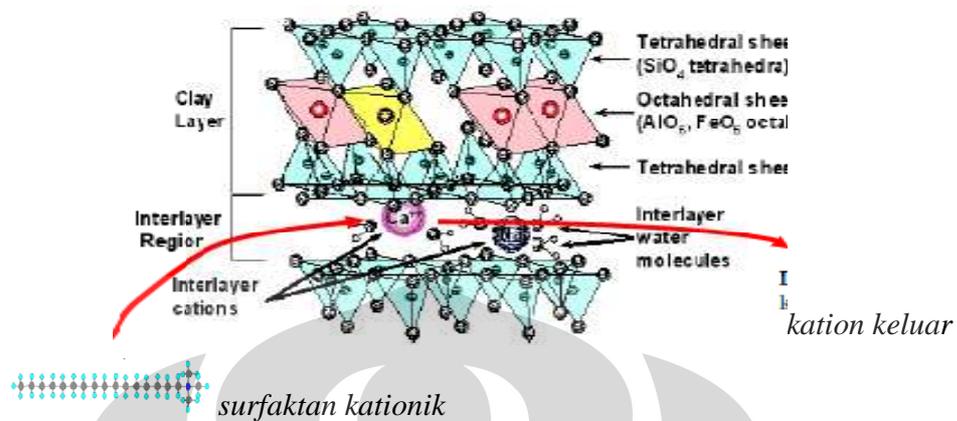
Kation yang mengisi permukaan sisi KTK suatu *clay* sangat mempengaruhi daya adsorpsinya. Dengan semakin kecil ukuran partikel *clay*, semakin besar nilai kapasitas tukar kationnya. Molekul organik tidak menggantikan kation logam yang ada di dalam layer tetapi berkoordinasi langsung dengan kation logam yang mengisi sisi KTK.

5. Struktur hidroksil yang terarah

Struktur hidroksil pada permukaan *clay* seperti Si-OH, Al-OH, Mg-OH bergantung pada pH. Apabila pH rendah, akan mengadsorb proton sehingga muatannya menjadi positif maka bisa mengadsorb fasa organik dan oksoanion.

6. Molekul air yang melingkupi sekitar permukaan *clay*.

Dengan dikelilingi molekul air, pertukaran kation pada interlayer bentonit lebih mudah terjadi. Hal ini dimungkinkan karena mobilitas kation yang bermuatan lebih fleksibel.

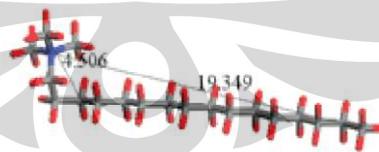


Gambar 4.4 Mekanisme Pertukaran Kation Dengan Surfaktan

[Sumber: Permanasari, 2003. dengan perubahan]

Sedangkan pada lapisan interlamelar, pada *organoclay* telah terisi surfaktan kationik sehingga interaksi antara rantai ekor surfaktan dengan molekul organik dapat terjadi. Semakin meningkatnya penataan rantai surfaktan, interaksi yang terjadi semakin kuat dengan molekul organik yang ingin diserap.

Adanya muatan negatif pada permukaan bentonit tersebut, kemungkinan menyebabkan kation-kation pada daerah interlayer tertarik oleh partikel *clay* secara elektrostatis. Kation-kation ini kemungkinan dapat dipertukarkan dengan kation-kation yang berasal dari surfaktan.

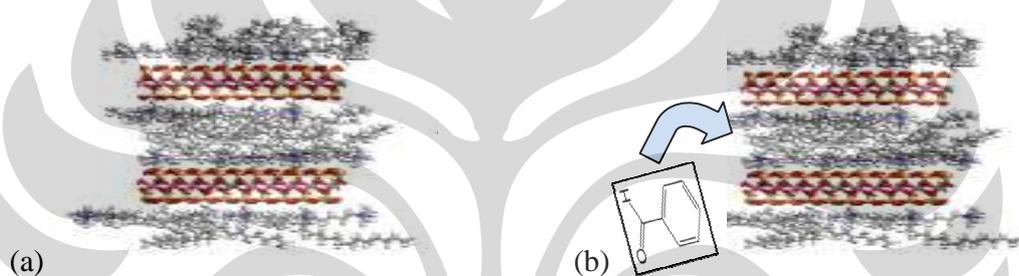


Gambar 4.5 Luas Permukaan HDTMA sekitar 387,73 Å² dari *molecular modeling*

[Sumber: Patel H. A. 2010]

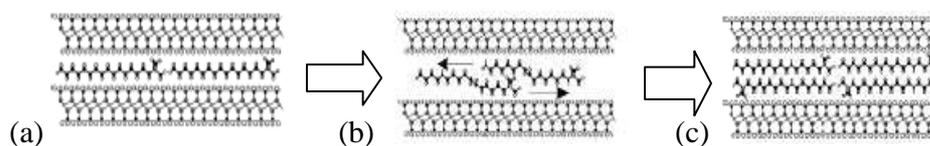
Data di atas didapatkan dari *molecular modeling software* dengan energi yang paling kecil. Luas permukaan ODTMA diharapkan tidak terlalu jauh perbedaannya.

Gugus kepala $R-N(CH_3)_3$ tidak membentuk ikatan hidrogen dengan lapisan silikat. Sehingga rata-rata jarak O-H menjadi hampir dua kalinya sekitar 290 pm. Maka, total jarak yang terbentuk antara N kepada O sekitar 390 pm. Secara kualitatif, dapat disimpulkan bahwa mobilitas dari $R-NH_3$ besar, termasuk penataan pada rongga bersilangan serta laju difusi yang lebih tinggi. Dengan torsi *gauche* yang lebih besar pada $R-NMe_3$ sehingga memiliki efek yang menurun untuk rantai yang lebih panjang karena disebabkan volume relatif dari interlayer yang pergi dari permukaan alumina silikat meningkat dan interaksi Van der Waals diantara rantai panjangnya lebih dominan (Heinz H, 2006).



Gambar 4.6 Proses adsorpsi senyawa organik pada interlayer bentonit (a) Orientasi *organoclay* pada interlayer Bentonit, (b) gugus nonpolar benzaldehida teradsorb ke sekitar rantai alkil surfaktan yang hidrofobik [Sumber: Heinz H. 2006]

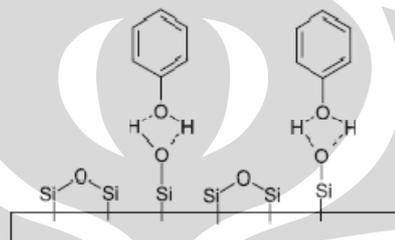
Dari data XRD selain dapat diketahui *basal spacing* bentonit, dapat diketahui pula orientasi surfaktan yang terjadi pada interlayernya. Dari puncak yang muncul apabila memiliki dua puncak tajam yang terpisah, memberi arti bahwa orientasi yang muncul bilayer. Sedangkan apabila dua puncak yang berdekatan menunjukkan transisinya antara monolayer dan bilayer (He, Hongping. 2005).



Gambar 4.7 Orientasi Surfaktan (a) monolayer (b) lateral bilayer (c) bilayer

[Sumber: He, Hongping. 2005]

Ukuran molekul fenol, benzaldehida, dan katekol diasumsikan mirip tanpa ada perbedaan yang berarti yakni sekitar 5 Å (Zhonghua Hu, hal: 276). Sehingga luas area molekul juga tidak terlalu mempengaruhi proses adsorpsi. Namun efek sterik serta gugus yang dimiliki memberikan pengaruh terhadap kemampuan adsorpsi bentonit. Dengan adanya dua gugus hidroksil pada katekol dapat menghalangi interaksi Van der Waals antara rantai alkil dengan gugus fenil pada benzaldehida.



Gambar 4.8 Mekanisme adsorpsi fenol pada permukaan bentonit dengan gugus OH dari fenol berinteraksi dengan gugus silanol dari bentonit.

[Sumber: Arellano *et al.*, 2005].

Selain interaksi dengan rantai alkil surfaktan, molekul organik yang memiliki gugus polar, dapat berikatan hidrogen dengan permukaan bentonit yang masih memiliki gugus silanol bebas. Pada permukaan bentonit terdapat dua sifat yang berbeda yakni hidrofobik karena adanya gugus siloksan (Si-O-Si) dan hidrofilik disebabkan adanya gugus silanol (Si-OH). Adsorpsi senyawa organik dapat terjadi karena interaksi cincin benzen dengan sisi hidrofobik silikat. Selain itu juga karena adanya interaksi Van der Waals dengan gugus siloksan tersebut. (Arellano, *et. al.* 2005)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Nilai KTK Na-bentonit dihitung dengan metode tembaga amin didapatkan sebesar 45,35 meq/gram *clay*.
2. Surfaktan kationik HDTMABr dan ODTMABr telah dapat diinterkalasi ke dalam interlayer bentonit dengan mengacu pada data peningkatan *basal spacing XRD organoclay* dengan variasi KTK tertentu.
3. Proses adsorpsi fenol, katekol dan benzaldehida dilakukan dengan waktu pengadukan yang sama dan dengan menggunakan dua jenis *organoclay* 1,0 KTK yang berbeda. Dua jenis *organoclay* yang digunakan memiliki daya adsorpsi yang berbeda untuk setiap senyawa organik dengan gugus tertentu.
4. Perbedaan gugus yang melekat pada cincin benzen mempengaruhi serapannya pada bentonit. Dengan bertambahnya gugus hidroksi, semakin sulit untuk terserap oleh bentonit. Dan apabila semakin nonpolar senyawa organik, akan semakin mudah terserap.

5.2 Saran

1. Dapat dilakukan variasi waktu, suhu, dan nilai KTK dalam proses adsorpsi senyawa organik untuk lebih akurat lagi.
2. Dapat dilakukan variasi senyawa organik untuk dapat dilihat daya adsorpsinya pada senyawa dengan kepolaran dan kebiasaan yang berbeda. Selain itu dapat juga diaplikasikan sebagai adsorben senyawa organik dengan molekul besar.
3. Dapat dilakukan variasi konsentrasi senyawa organik untuk dapat dihitung isotherm adsorpsinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi, S J. Yudong, Huang. dan Wei Li. (2004). *Synthesis of EPDM/Organoclay Nanocomposites: Effect of the Clay Exfoliation on Structure and Physical Properties*. Iranian Polymer Journal 13 (5), 2004, 415-422. Harbin Institute of Technology. China.
- Ammann, Lars. (2003). *Cation exchange and adsorption on clays and clay minerals*. Christian-Albrechts-Universität. Kiel
- Arellano-Cárdenas, Sofía, Tzayhrí Gallardo-Velázquez, Guillermo Osorio-Revilla, Ma. del Socorro López-Cortéz1 and Brenda Gómez-Perea. (2005). *Adsorption of Phenol and Dichlorophenols from Aqueous Solutions by Porous Clay Heterostructure (PCH)*. Meksiko. *J. Mex. Chem. Soc.*, 49(3), 287-291.
- Bergaya, F. Vayer M.. (1997). *CEC of clays: Measurement by adsorption of a copper ethylenediamine complex*. Applied Clay Science 12 (1997) 275-280. Perancis.
- Frost, Ray and Xi, Yunfei and He, Hongping. (2007) . *Modification of the surfaces of Wyoming montmorillonite by the cationic surfactants alkyl trimethyl, dialkyl dimethyl and trialkyl methyl ammonium bromides*. Journal of Colloid and Interface Science 305(1): pp: 150-158.
- Handoyo, Kristian S. *Dasar dasar kimia anorganik nonlogam* Universitas Negeri Yogyakarta. hal;8.18-8.19. 2001
- He, Hongping, Galy, Jocelyne, and Gerard, Jean-Francüois. (2005). *Molecular Simulation of the Interlayer Structure and the Mobility of Alkyl Chains in HDTMA⁺/Montmorillonite Hybrids*. Perancis, dan Institut Guangzhou, China.

Heinz, H. Vaia, R. A. Krishnamoorti, R. and Farmer, B. L. (2006). *Self-Assembly of Alkylammonium Chains on Montmorillonite: Effect of Chain Length, Head Group Structure, and Cation Exchange Capacity*. J. Phys. Chem. B 2005, 109, 13301-13306 Ohio. Wright State University, Ohio and University of Houston, Texas.

<http://benito.staff.ugm.ac.id/KIMIA%20TANAH%20PAK%20EKO%20HANUDIN.htm>. 14 juli 2010. 10.26 wib

http://en.wikipedia.org/wiki/Cetrimonium_bromide, 11 november 2010. jam 10.00 WIB

<http://id.wikipedia.org/wiki/Benzaldehida> 22 november 2010 08.00 WIB.

<http://id.wikipedia.org/wiki/Fenol>, 14 Juli 2010 10.10 WIB

<http://id.wikipedia.org/wiki/katekol> 22 nov2010jam 08.20 WIB

http://id.wikipedia.org/wiki/Spektrofotometer_Inframerah_Transformasi_Fourier
9Juli 2010. 15.00 WIB

<http://labinfo.wordpress.com/2008/05/14/teknik-pemeriksaan-material-menggunakan-xrf-xrd-dan-sem-eds/>. 10 juli 2009. 10.26 wib.

<http://rtiintl.com/sem-eds.html> 10 juli 2009. 10.26 wib.

http://xm-innovation.en.alibaba.com/product/222337985-200628994/Octadecyl_Trimethyl_Ammonium_Bromide.html. 14 Juli 2010. 14.00 WIB.

Irwansyah. (2007). *Modifikasi Bentonit Menjadi Organoclay Dengan Surfaktan Heksadesiltrimetilamonium Bromida Melalui Interkalasi Metode Ultrasonik*. Departemen kimia. FMIPA Universitas Indonesia.

Kurniawan, Danar. (2008). *Modifikasi bentonit menjadi organoclay dengan metode ultrasonik sebagai adsorben p-klorofenol dan hidroquinon*. Departemen kimia. FMIPA Universitas Indonesia.

Meyers, Drew. (1999). *Surfaces, interfaces and colloids: Principles and applications, Second edition*. John Willey & Sons, Inc, New York.

Nurdiansyah, Andika. (2007). *Studi Awal Aplikasi Organoclay sebagai Adsorben Fenol dan Katekol*. Departemen kimia. FMIPA Universitas Indonesia.

Organoclay, http://www.aquatechnologies.com/info_organoclay.htm. 14 Juli 2010. 15.00 WIB.

Osman, M. A. Ploetze M, and Skrabal, Peter. (2003). *Structure and Properties of Alkylammonium Monolayers Self-Assembled on Montmorillonite Platelets*. *J. Phys. Chem. B* 2004, 108, 2580-2588. Zurich, Switzerland

Patel, H. A. Somani R. S. Bajaj, H.C. and Jasra R. V. (2010). *Synthesis of Organoclays with Controlled Particle Size and Whiteness from Chemically Treated Indian Bentonite*. *Discipline of Inorganic Materials and Catalysis, Central Ind. Eng. Chem. Res.*, 49, 1677–1683

Permanasari, Anna. (2003). *Kajian Aspek Teoritik dan Aplikatif dari Adsorben organo-bentonit Terhadap Residu Pestisida dalam Air Minum dan Implikasinya dalam Perkuliahan Kimia Material Jurusan Pendidikan Kimia UPI*. Indonesia.

Ray, Frost. (2006) *Changes in the morphology of organoclays with HDTMA+ surfactant loading*. *Applied Clay Science* 31(3-4):pp. 262-271. Elsevier. Australia.

Syuhada, Rachmat Wijaya, Jayatin, dan Saeful Rohman. (2009). *Modifikasi Bentonit (Clay) menjadi Organoclay dengan Penambahan Surfaktan*. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*. Bandung. Vol. 2 No. 1.

The clay mineral group. <http://www.galleries.com/minerals/silicate/clays.htm>. 9 Juli 2010. 15.00 WIB.

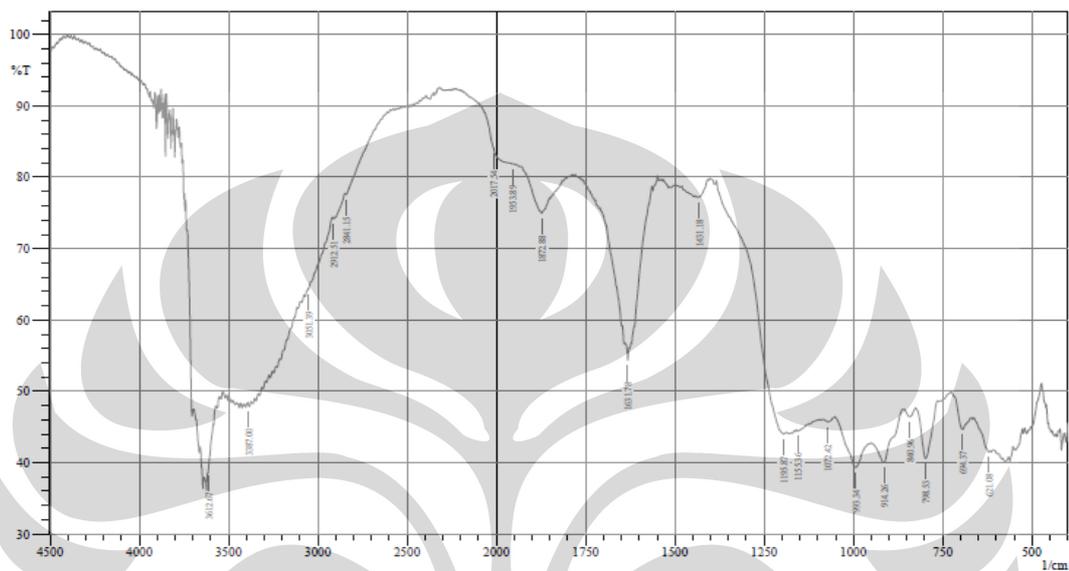
Xi, YunFei. (2006). *Synthesis, characterization and application of organoclays*. Tianjin University, China

Yurudu, C, S. Unlu C, Atici O. Ece Ö I dan Gungor N. (2005). *Synthesis and characterization of HDA/NaMMT organoclay*. *Bull. Mater. Sci.*, Vol. 28, No. 6, October 2005, pp. 623–628. Indian Academy of Sciences. Istanbul Technical University. Turkey.

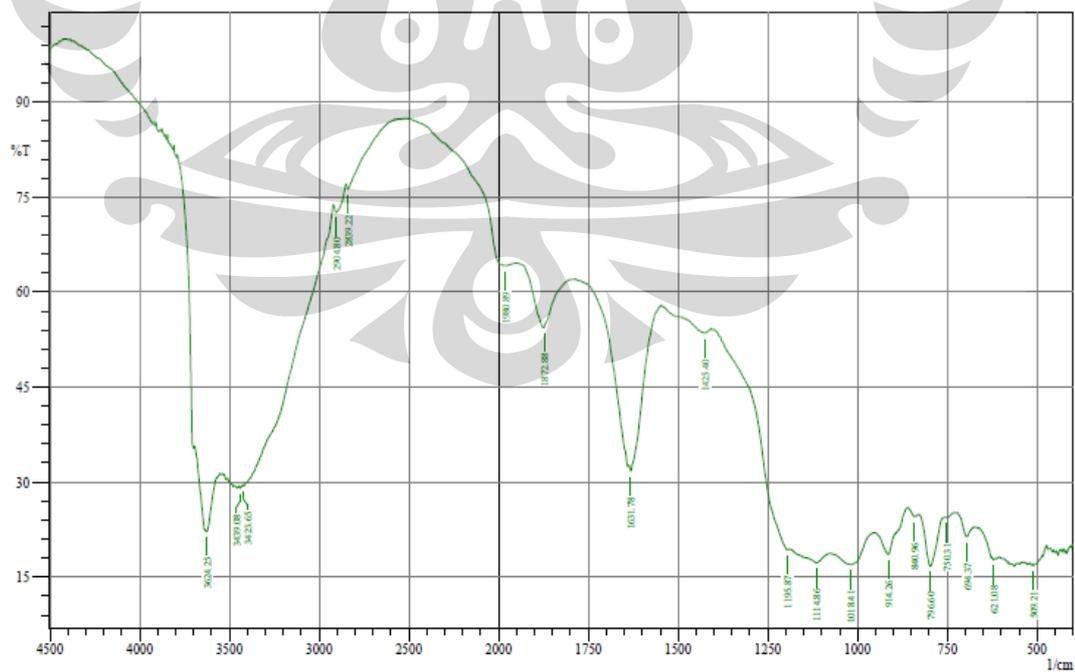
Zhonghua, Hu. Srinivasan, M.P. dan Ni Y. *Adsorption And Desorption Of Phenols And Dyes On Microporous And Mesoporous Activated Carbons*. Tongji University, Shanghai, China. National University of Singapore.

LAMPIRAN 1

FT-IR bentonit fraksi 2



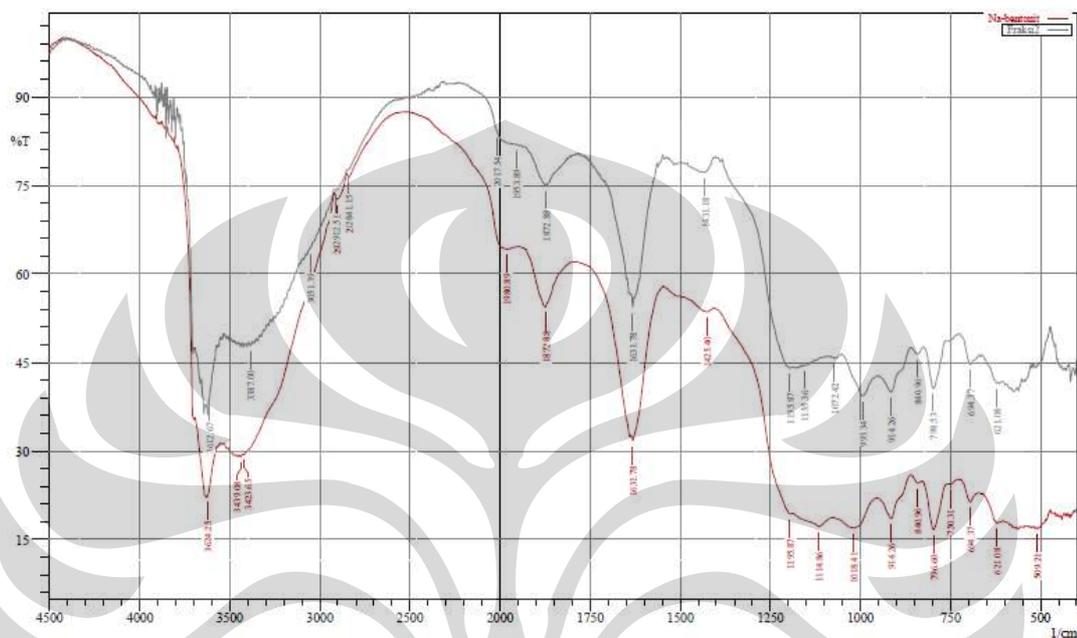
FT-IR Na-bentonit



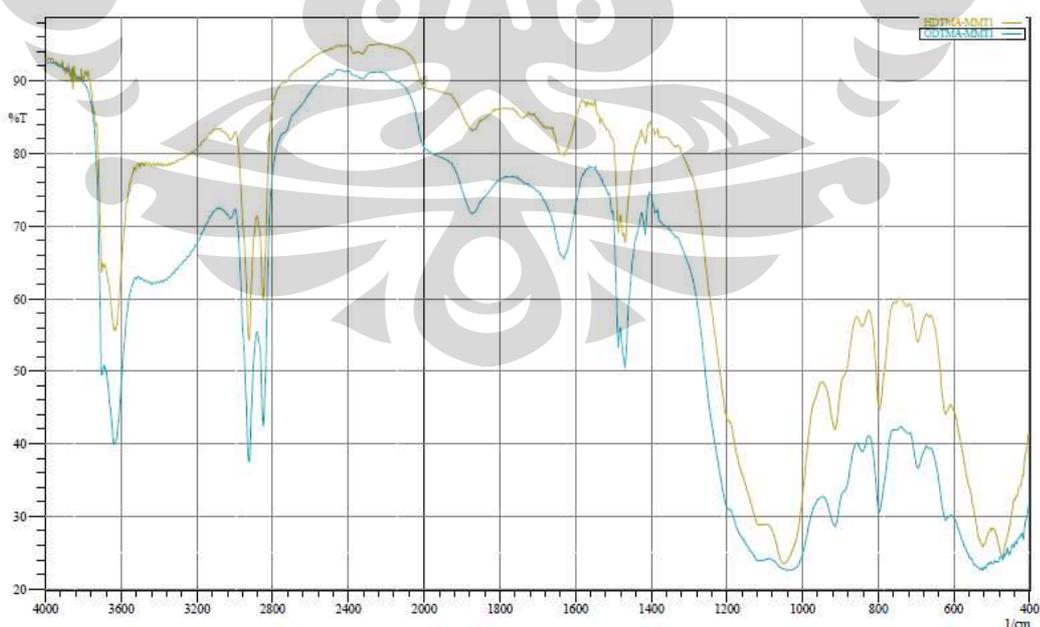
Universitas Indonesia

LAMPIRAN 2

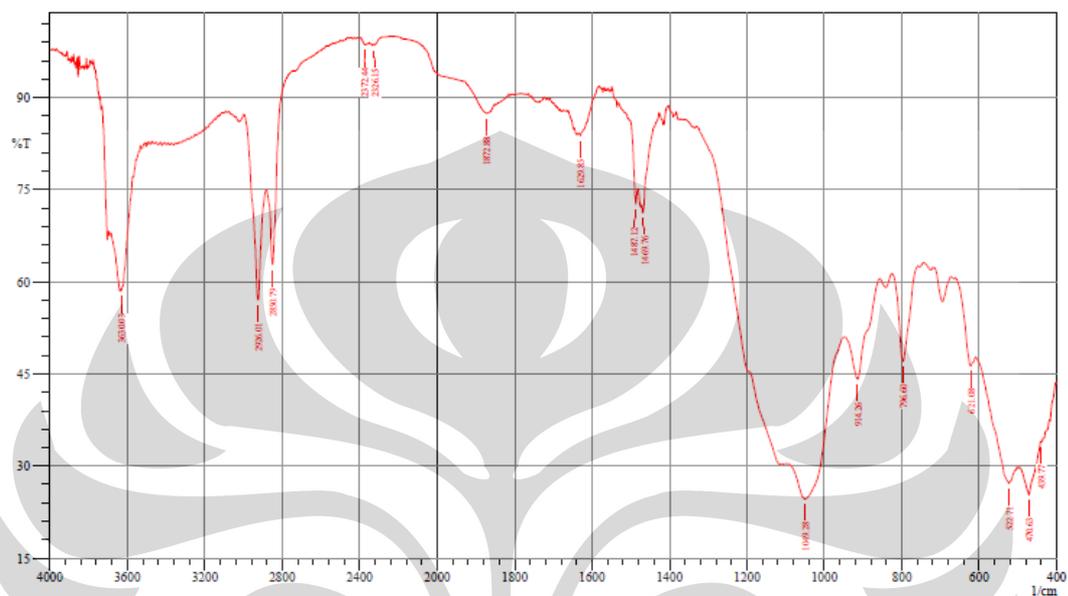
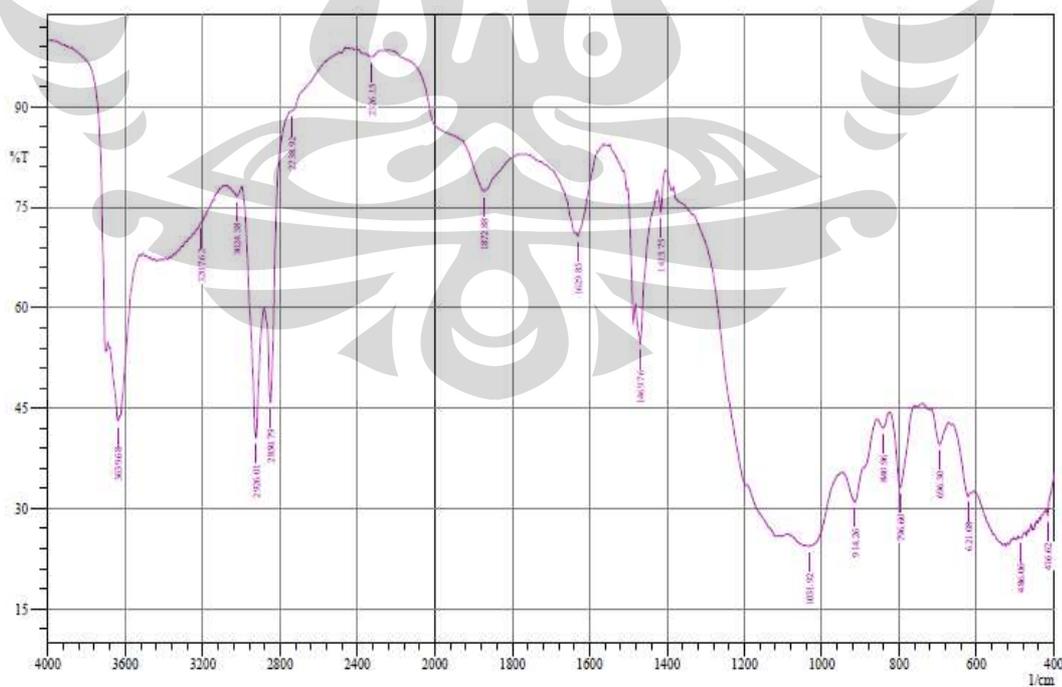
Perbandingan FT-IR Bentonit Fraksi 2 dan Na-bentonit



Perbandingan HDTMA-MMT dengan ODTMA-MMT 1 KTK

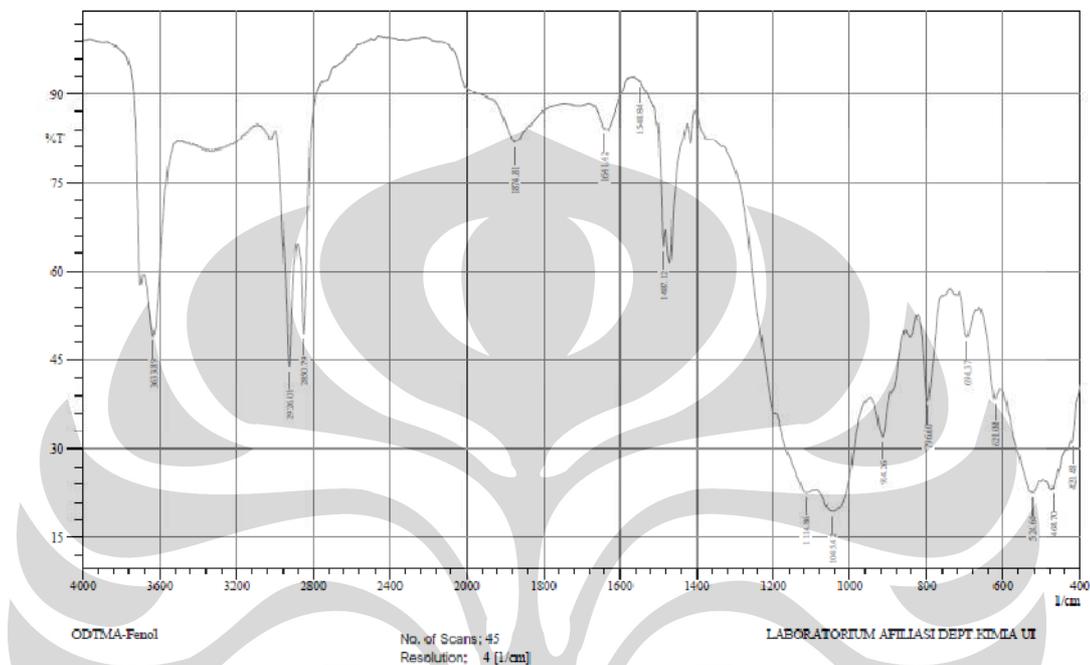


LAMPIRAN 3

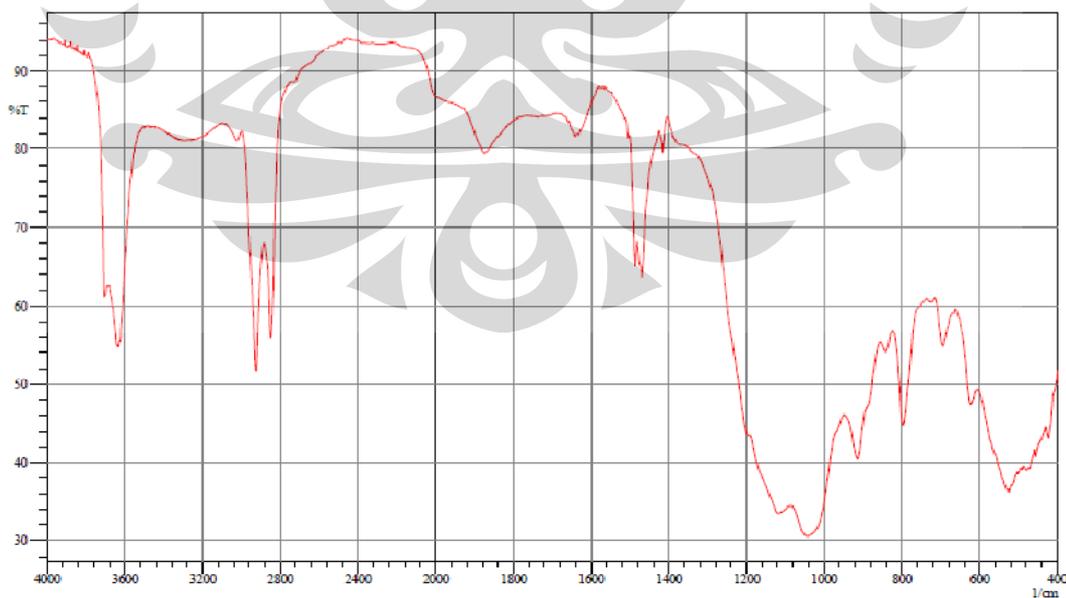
FT-IR *organoclay* HDTMABr-MMT 1,0 KTKData FT-IR *organoclay* ODTMABr-MMT 1,0 KTK

LAMPIRAN 4

FT-IR Serapan fenol pada HDTMABr-MMT

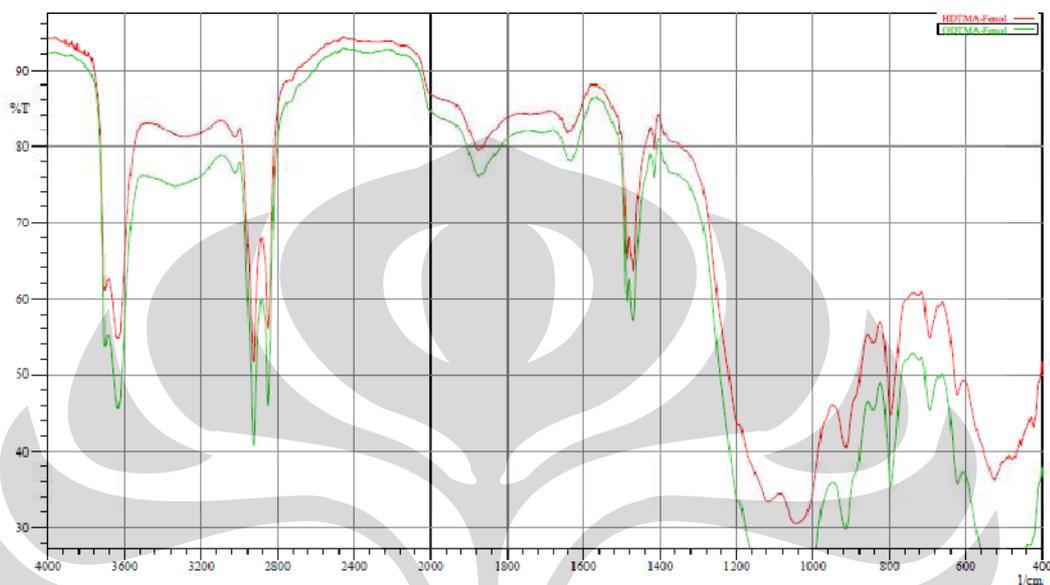


FT-IR Serapan fenol pada ODTMABr-MMT

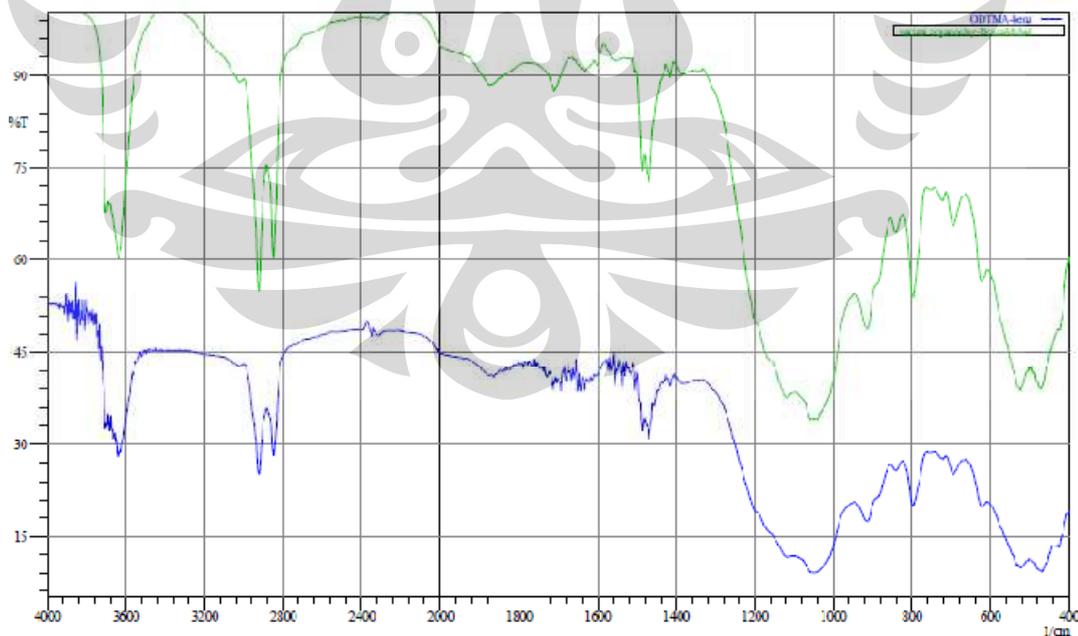


LAMPIRAN 5

FT-IR Perbandingan serapan fenol pada HDTMA-bentonit dan ODTMA- bentonit

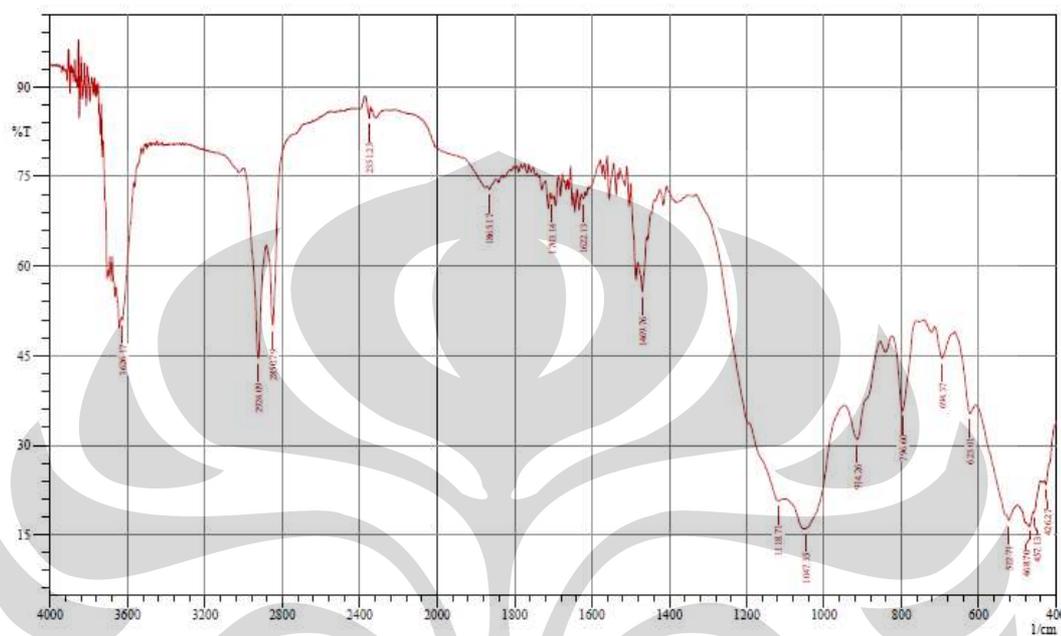


FT-IR Perbandingan serapan benzaldehida pada HDTMA-bentonit dan ODTMA-
bentonit

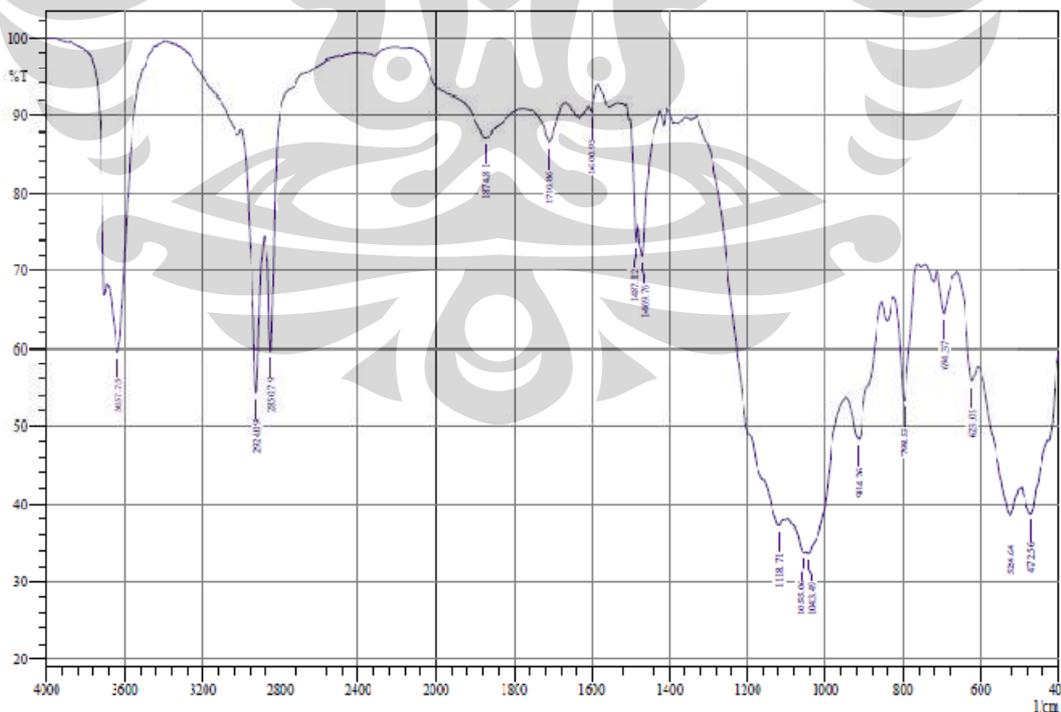


LAMPIRAN 6

FT-IR Serapan Benzaldehida Pada ODTMA-bentonit 1,0 KTK

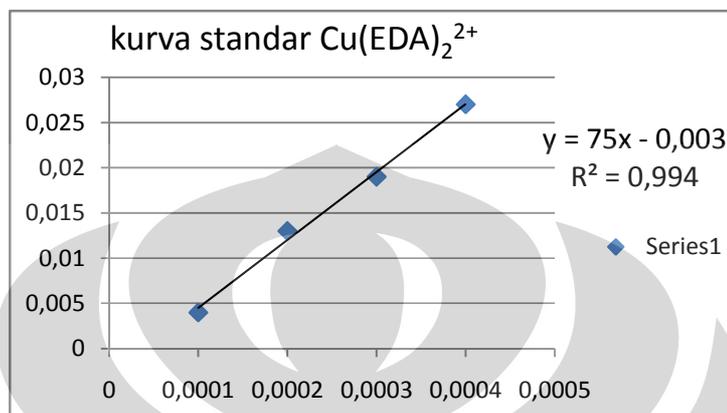


Serapan Benzaldehida pada HDTMA- bentonit 1,0 KTK



LAMPIRAN 7

Perhitungan nilai KTK



konsentrasi	absorbansi
0.0001	0.004
0.0002	0.013
0.0003	0.019
0.0004	0.027

$$\text{KTK} = \text{Cu}(\text{EDA})_2^{2+} \text{ total} - \text{Cu}(\text{EDA})_2^{2+} \text{ tak terserap}$$

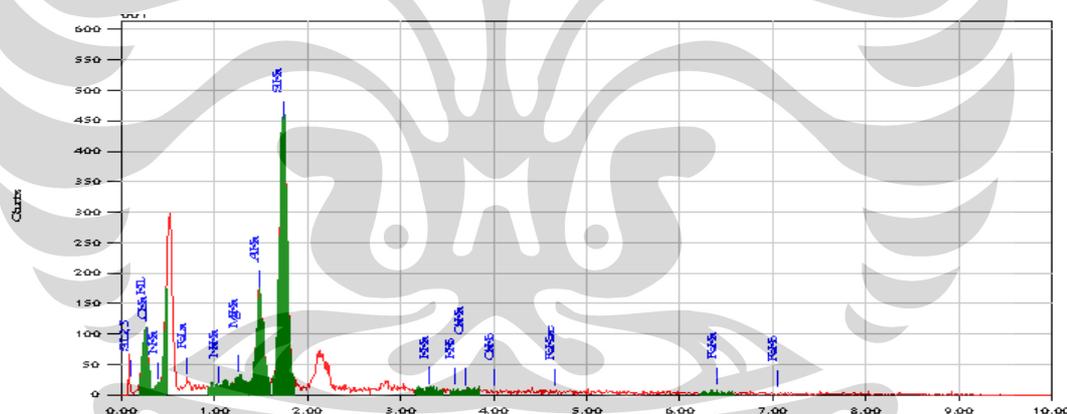
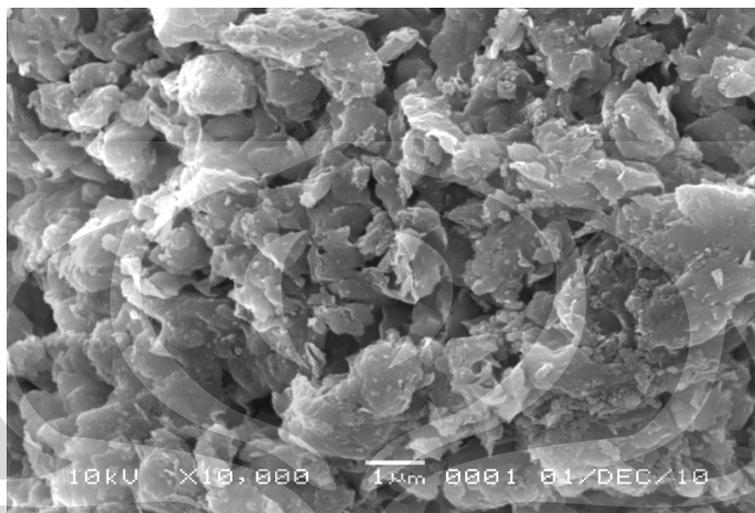
$$\text{Cu}(\text{EDA})_2^{2+} = \frac{\text{M Cu}(\text{EDA})_2^{2+} \times \text{V total} \times \text{muatan kompleks}}{\text{gram clay}}$$

$$\text{KTK Na-bentonit} = 45.35 \text{ (mek/100gram)}$$

$$\begin{aligned} \text{Kexch} &= \frac{\text{mmol surf} / 100\text{g clay}}{\text{CEC (mmol exchange. cations/100g clay)}} \\ &= \frac{\text{mmol surf.}}{\text{mmol exchange. cations}} \end{aligned}$$

LAMPIRAN 8

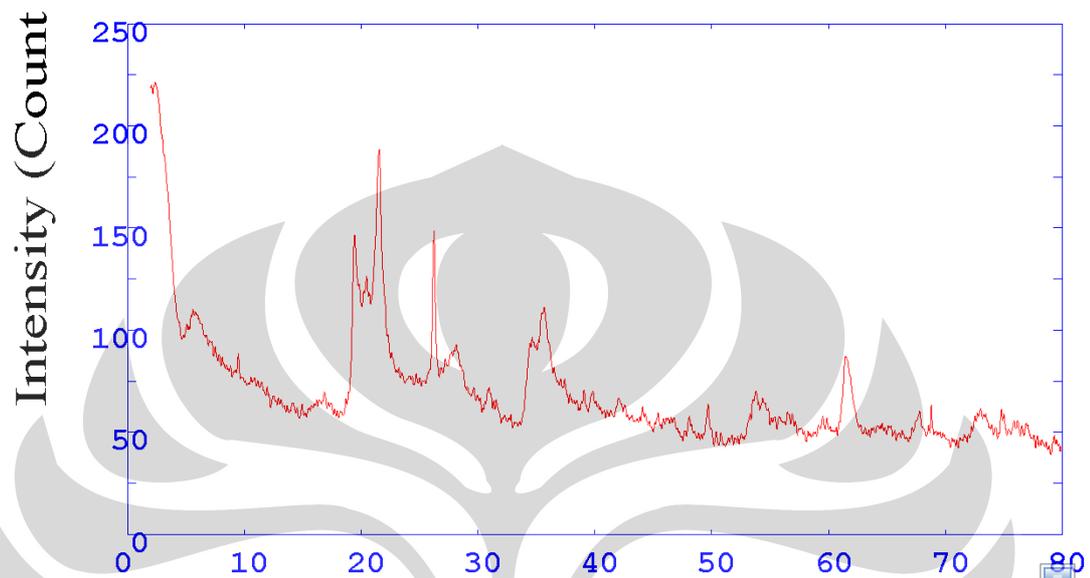
Data SEM-EDS



Element	(keV)	mass%	Error%	At%	Compound	mass%	Cation	K
C K	0.277	16.97	0.21	46.08	C	16.97	0.00	18.5554
N K	* 0.392	6.81	0.68	15.84	N	6.81	0.00	22.4236
O		38.90						
Na K	* *							
Mg K	* *	1.253	0.55	0.50	MgO	0.92	0.22	1.8994
Al K		1.486	7.88	0.65	Al ₂ O ₃	14.89	2.88	28.5378
Si K		1.739	27.29	0.88	SiO ₂	58.37	9.59	101.7320
K K	* *	3.312	0.53	1.14	K ₂ O	0.64	0.13	2.0261
Ca K	* *	3.690	0.21	1.70	CaO	0.29	0.05	0.8284
Fe K	* *	6.398	0.87	9.11	FeO	1.12	0.15	2.7948
Total		100.00		100.00		100.00	13.04	

LAMPIRAN 9

XRD Na-bentonit

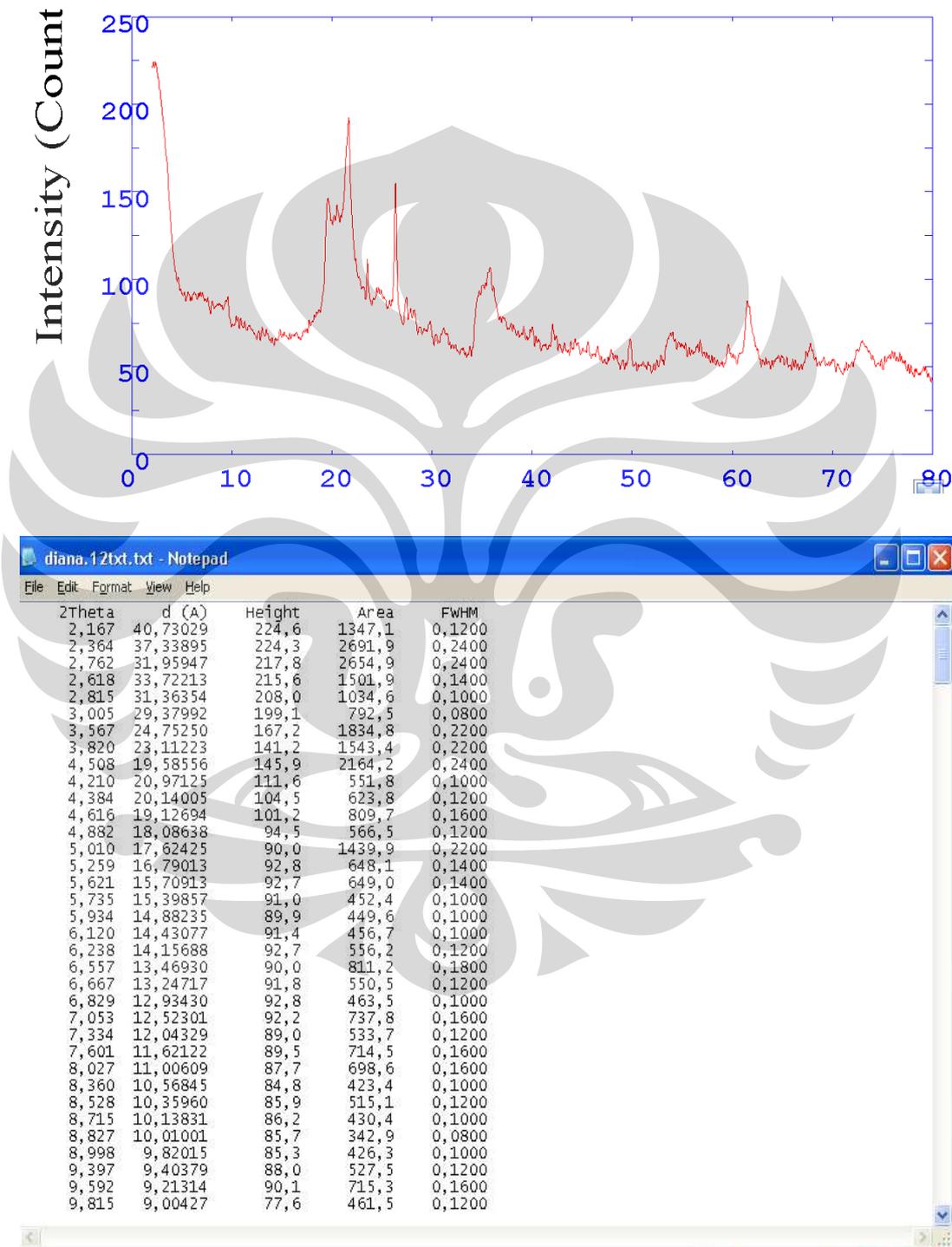


diana.1o.txt - Notepad

2Theta	d (Å)	Height	Area	FWHM
2,262	39,01974	219,4	876,9	0,0800
2,363	37,36343	221,5	1329,1	0,1200
2,550	34,62043	218,9	1528,6	0,1400
2,565	34,41363	212,8	1462,3	0,1400
3,132	28,18244	185,7	1111,1	0,1200
3,478	25,38302	167,2	994,2	0,1200
3,650	24,18619	152,2	753,0	0,1000
3,803	23,21184	138,2	549,1	0,0800
4,281	20,62452	114,5	623,3	0,1000
4,185	21,09769	113,3	455,5	0,0800
4,312	20,47447	105,1	419,0	0,0800
4,357	20,26315	104,0	817,4	0,1600
4,798	18,40174	97,6	585,5	0,1200
4,810	18,35486	97,9	997,2	0,2000
5,072	17,40968	103,0	1029,6	0,2000
5,230	16,88271	101,5	507,3	0,1000
5,435	16,24624	107,2	531,9	0,1000
5,585	15,81042	110,0	769,8	0,1400
5,825	15,15995	109,1	654,4	0,1200
5,969	14,79417	107,8	430,9	0,0800
6,113	14,44639	106,0	529,7	0,1000
6,371	13,86142	102,9	615,5	0,1200
6,737	13,10965	97,5	876,0	0,1800
7,015	12,59036	94,7	567,7	0,1200
7,214	12,24381	94,5	659,1	0,1400
7,496	11,78340	91,8	642,3	0,1400
7,814	11,30540	88,0	879,6	0,2000
8,105	10,90031	86,9	521,5	0,1200
8,215	10,75395	83,5	333,6	0,0800
8,440	10,46838	83,1	498,5	0,1200
8,598	10,27595	81,1	405,3	0,1000
8,823	10,01471	82,5	575,9	0,1400
9,076	9,73540	79,7	555,7	0,1400
9,230	9,57335	80,3	401,3	0,1000
9,483	9,31869	88,4	704,5	0,1600

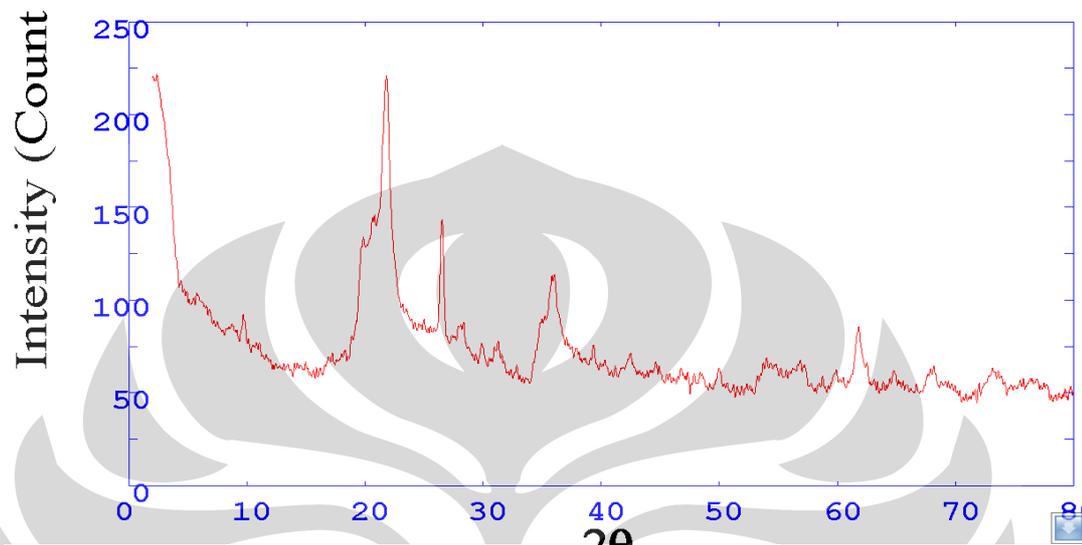
LAMPIRAN 10

XRD HDTMA-bentonit 2,5 KTK



LAMPIRAN 11

XRD ODTMA-bentonit 2,5 KTK

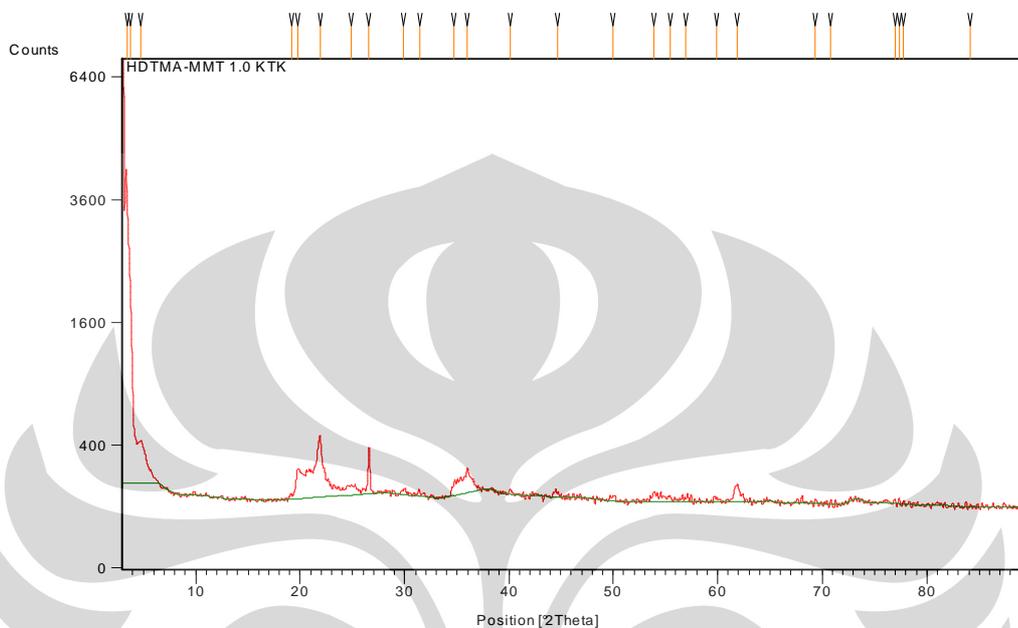


diana11.txt - Notepad

2Theta	d (Å)	Height	Area	FWHM
2,368	37,28570	221,7	2659,1	0,2400
2,622	33,66763	212,0	1267,5	0,1200
2,828	31,21952	202,6	807,4	0,0800
3,042	29,02094	196,7	1372,5	0,1400
3,528	25,02700	174,9	737,2	0,0800
3,298	26,76686	177,2	1558,3	0,1800
3,830	23,05213	134,6	666,0	0,1000
3,973	22,22395	122,5	942,5	0,1600
4,377	20,17032	110,6	1322,2	0,2400
4,364	20,23088	110,6	1314,3	0,2400
4,675	18,88582	105,8	739,4	0,1400
4,901	18,01658	104,7	731,3	0,1400
5,095	17,33198	100,4	502,1	0,1000
5,493	16,07538	101,3	709,1	0,1400
5,744	15,37456	103,9	725,3	0,1400
5,895	14,97933	102,2	509,3	0,1000
5,908	14,94729	99,8	696,3	0,1400
6,256	14,11638	98,8	493,4	0,1000
6,414	13,76823	96,9	387,6	0,0800
6,562	13,45857	97,1	581,3	0,1200
6,798	12,99298	94,9	1326,4	0,2800
7,501	11,77616	89,1	1300,7	0,2800
7,185	12,29351	89,0	801,1	0,1800
7,474	11,81815	88,3	529,4	0,1200
7,752	11,39496	84,8	507,7	0,1200
7,930	11,14001	83,9	586,9	0,1400
8,260	10,69554	84,8	762,3	0,1800
8,480	10,41887	85,6	513,8	0,1200
8,713	10,14069	87,2	697,0	0,1600
8,847	9,98741	85,8	427,2	0,1000
9,011	9,80549	84,0	335,9	0,0800
9,149	9,65822	83,8	502,3	0,1200
9,495	9,30671	83,7	414,9	0,1000
9,683	9,12673	92,4	646,9	0,1400
9,797	9,02094	89,4	531,9	0,1200

LAMPIRAN 12

XRD HDTMA-bentonit 1,0 KTK

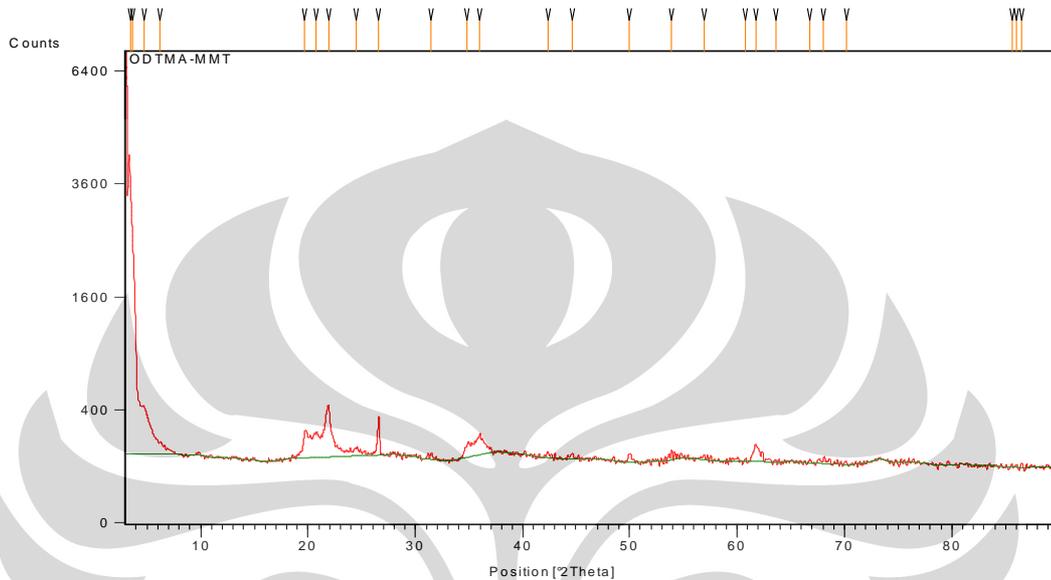


Untitled - Notepad

[°2Th.]	Height	FWHM	d-spacing [Å]	Rel.int	Tip width
3.4177	3656.26	0.2448	25.83105	100.00	0.2938
3.7151	2042.63	0.3264	23.76403	55.87	0.3917
4.7858	240.88	0.3264	18.44949	6.59	0.3917
19.1339	20.00	0.3264	4.63477	0.55	0.3917
19.7260	132.03	0.2856	4.49696	3.61	0.3427
21.9055	329.26	0.4080	4.05421	9.01	0.4896
24.8648	39.14	0.9792	3.57799	1.07	1.1750
26.5755	231.73	0.2448	3.35144	6.34	0.2938
29.8480	18.04	0.6528	2.99102	0.49	0.7834
31.4671	14.80	0.9792	2.84071	0.40	1.1750
34.6907	50.30	0.8160	2.58376	1.38	0.9792
35.9534	113.90	0.2448	2.49586	3.12	0.2938
40.0414	18.92	0.4080	2.24997	0.52	0.4896
44.6428	15.72	0.6528	2.02816	0.43	0.7834
49.9754	16.62	0.4896	1.82352	0.45	0.5875
53.9546	30.89	0.4896	1.69805	0.84	0.5875
55.4747	16.78	0.4080	1.65506	0.46	0.4896
56.9812	15.47	0.9792	1.61483	0.42	1.1750
59.8708	11.13	0.6528	1.54361	0.30	0.7834
61.8245	65.48	0.5712	1.49944	1.79	0.6854
69.3134	14.44	0.2856	1.35459	0.39	0.3427
70.8308	17.88	0.2448	1.32925	0.49	0.2938
76.9839	10.84	0.2856	1.23762	0.30	0.3427
77.3423	20.34	0.2448	1.23277	0.56	0.2938
77.8126	10.62	0.2448	1.22650	0.29	0.2938
84.1414	5.58	0.2856	1.14962	0.15	0.3427

LAMPIRAN 13

XRD ODTMA-bentonit 1,0 KTK



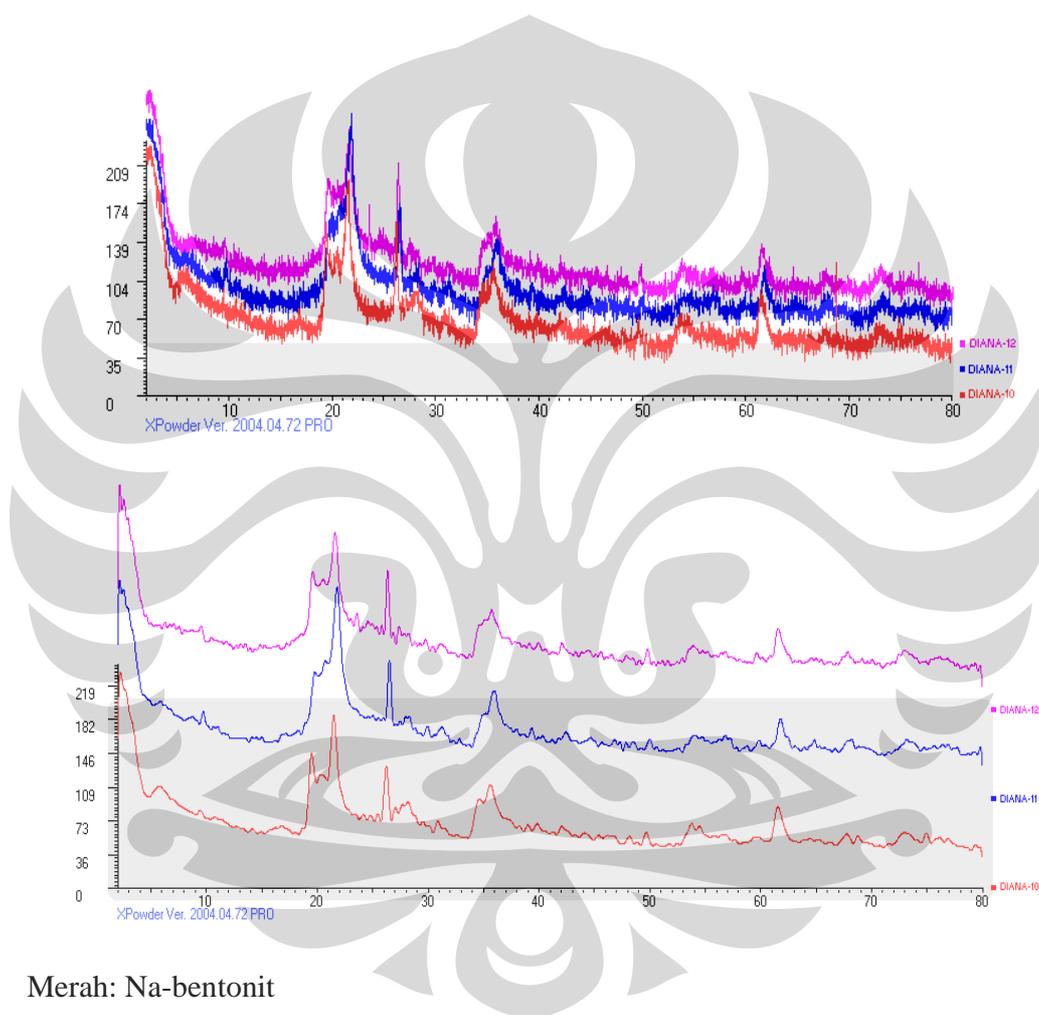
Untitled - Notepad

File Edit Format View Help

Pos.	Height	FWHM	d-spacing [Å]	Rel.Int.	Tip width
3.4151	3698.41	0.2448	25.85106	100.00	0.2938
3.6645	2387.33	0.2448	24.09190	64.55	0.2938
4.7160	275.88	0.6528	18.72248	7.46	0.7834
6.2114	58.37	0.2856	14.21800	1.58	0.3427
19.7028	128.24	0.2448	4.50221	3.47	0.2938
20.7791	125.47	0.4896	4.27137	3.39	0.5875
21.9084	289.51	0.2448	4.05369	7.83	0.2938
24.4911	35.96	0.4080	3.63175	0.97	0.4896
26.5569	201.94	0.2448	3.35374	5.46	0.2938
31.4776	25.15	0.2448	2.83979	0.68	0.2938
34.8015	58.08	0.6528	2.57579	1.57	0.7834
35.9452	97.94	0.3264	2.49641	2.65	0.3917
42.4382	19.60	0.4896	2.12828	0.53	0.5875
44.6573	17.02	0.9792	2.02753	0.46	1.1750
50.0309	33.33	0.2448	1.82163	0.90	0.2938
53.8716	24.76	0.6528	1.70047	0.67	0.7834
56.9643	12.28	0.9792	1.61527	0.33	1.1750
60.8069	12.70	0.2448	1.52207	0.34	0.2938
61.7258	73.67	0.4080	1.50160	1.99	0.4896
63.5934	11.48	0.2856	1.46193	0.31	0.3427
66.7541	12.58	0.2856	1.40017	0.34	0.3427
68.0542	13.12	0.6528	1.37655	0.35	0.7834
70.1607	13.60	0.3264	1.34029	0.37	0.3917
85.5702	10.86	0.2856	1.13404	0.29	0.3427
86.0496	10.98	0.2448	1.12895	0.30	0.2938
86.5079	15.46	0.2856	1.12414	0.42	0.3427

LAMPIRAN 14

Perbandingan XRD Na-bentonit, HDTMA-bentonit 2,5 KTK dan ODTMA-bentonit 2,5 KTK



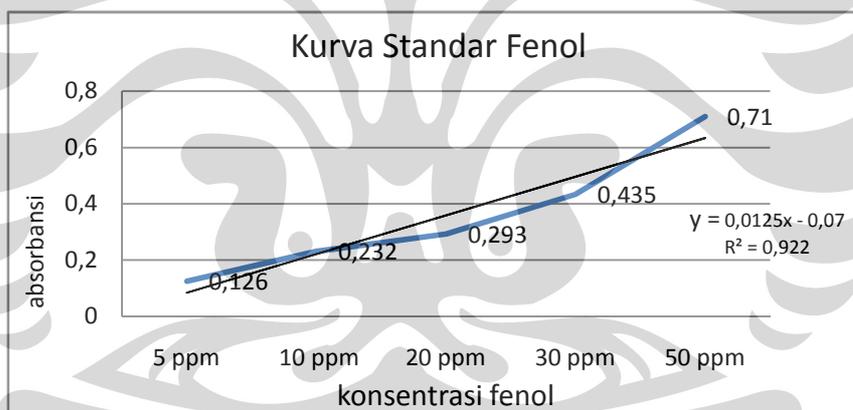
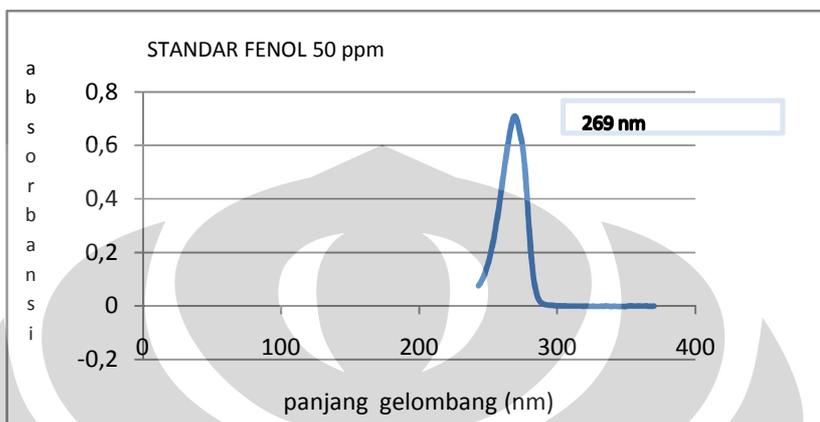
Merah: Na-bentonit

Biru: HDTMA-bentonit 2,5 KTK

Ungu: ODTMA-bentonit 2,5 KTK

LAMPIRAN 15

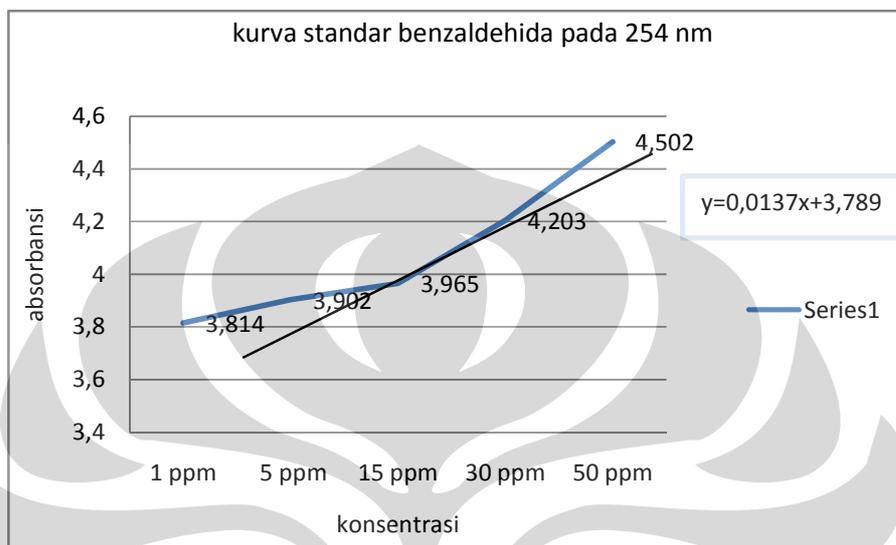
Perhitungan fenol terserap



Waktu stirrer	Absorbansi		Konsentrasi fenol Sisa		Konsentrasi fenol Terserap	
	HDTMA-bentonit	ODTMA-bentonit	HDTMA-bentonit	ODTMA-bentonit	HDTMA-bentonit	ODTMA-bentonit
30 Menit	0,557	0,512	38,96 ppm	35,36 ppm	11,04 ppm	16,72 ppm
120 Menit	0,486	0,456	33,28 ppm	30,88 ppm	14,64 ppm	19,2 ppm

LAMPIRAN 16

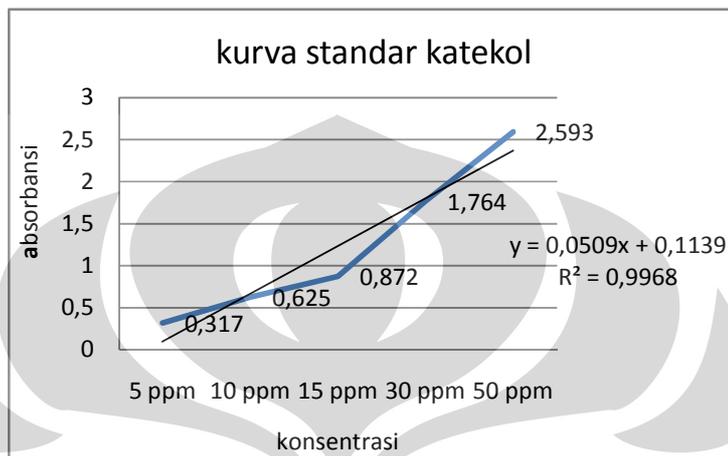
Perhitungan benzaldehida terserap



Waktu stirrer	Absorbansi		Konsentrasi benzaldehida Sisa		Konsentrasi benzaldehida Terserap	
	HDTMA-bentonit	ODTMA-bentonit	HDTMA-bentonit	ODTMA-bentonit	HDTMA-bentonit	ODTMA-bentonit
30 Menit	4,403	4,353	44,82 ppm	41,17 ppm	5,18 ppm	8,83 ppm
120 Menit	4,203	4,115	30,22 ppm	23,79 ppm	19,78 ppm	26,21 ppm

LAMPIRAN 17

Perhitungan katekol terserap



Waktu stirrer	absorbansi		konsentrasi katekol sisa		konsentrasi katekol terserap	
	HDTMA-bentonit	ODTMA-bentonit	HDTMA-bentonit	ODTMA-bentonit	HDTMA-bentonit	ODTMA-bentonit
30 menit	2,329	2,382	43,52 ppm	44,56 ppm	6,48 ppm	5,44 ppm
120 menit	1,425	2,315	25,75 ppm	43,24 ppm	24,25 ppm	6,76 ppm

LAMPIRAN 18

Kurva adsorpsi fenol, benzaldehida, dan katekol pada HDTMA-bentonit dan ODTMA-bentonit

