

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT
MONTMORILONITE/KITOSAN-BESI (MMT/Cs-Fe)
DAN UJI KINERJANYA UNTUK
ADSORPSI DAN REDUKSI LOGAM Cr(VI)**

**Skripsi
Untuk memenuhi sebagai persyaratan
Mencapai derajat Sarjana Kimia**



**Oleh:
Kamilan
11630028**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNONOLGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2015**



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir
Lamp. :-

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Kamilan

NIM : 11630028

Judul Skripsi : Sintesis Dan Karakterisasi Komposit Montmorilonite/Kitosan-Besi (MMT/Cs-Fe) Dan Uji Kinerjanya Untuk Adsorpsi Dan Reduksi Logam Cr(VI)

sudah dapat diajukan kembali kepada Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Dengan ini, kami mengharapkan agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya, kami ucapan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, 9 September 2015
Pembimbing,

Irwan Nugraha, S.Si., M.Sc
NIP / 19820329 201101 1 005



NOTA DINAS KONSULTAN

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Kamilan

NIM : 11630028

Judul Skripsi : Sintesis Dan Karakterisasi Komposit Montmorilonite/Kitosan-Besi (MMT/Cs-Fe) Dan Uji Kinerjanya Untuk Adsorpsi Dan Reduksi Logam Cr(VI)

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, 02 Oktober 2015

Konsultan,

Karmanto, S.Si., M.Sc.

NIP: 19811111 201101 1 007



NOTA DINAS KONSULTAN

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Kamilan
NIM : 11630028
Judul Skripsi : Sintesis Dan Karakterisasi Komposit Montmorilonite/Kitosan-Besi (MMT/Cs-Fe) Dan Uji Kinerjanya Untuk Adsorpsi Dan Reduksi Logam Cr(VI)

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terima kasih.
Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, 02 Oktober 2015
Konsultan,

Didik Krisdayanto, M.Sc.

NIP: 19820504 200912 1 005



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kamilan
NIM : 11630028
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi

menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "**Sintesis Dan Karakterisasi Komposit Montmorilonite/Kitosan-Besi (MMT/Cs-Fe) Dan Uji Kinerjanya Untuk Adsorpsi Dan Reduksi Logam Cr(VI)**" merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 09 September 2015



**PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Nomor : UIN.02/D.ST/PP.01.1/3178/2015

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Sintesis dan Karakterisasi Komposit Montmorilonit/Kitosan-Besi (MMT/Cs-Fe) dan Uji Kinerjanya Untuk Adsorpsi dan Reduksi Logam Cr(VI)

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :

Nama : Kamilan

NIM : 11630028

Telah dimunaqasyahkan pada : 3 September 2015

Nilai Munaqasyah : A -

Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

TIM MUNAQASYAH :

Ketua Sidang

Irwan Nugraha, M.Sc.
NIP.19820329 201101 1 005

Pengaji I

Didik Krisdiyanto, M.Sc.
NIP. 19811111 201101 1 007

Pengaji II

Karmanto, M.Sc.
NIP. 19820504 200912 1 005

Yogyakarta, 8 Oktober 2015
UIN Sunan Kalijaga
Fakultas Sains dan Teknologi

Dekan



Dr. Maizer Said Nahdi, M.Si.
NIP. 19550427 198403 2 001

HALAMAN MOTTO

*"If we are work on the world,
the world would be soft to our"*

ถ้าเรามีการทำงานบนโลก
โลกของเราจะอ่อนโยน



นิภา
คิวญู
อัลกามีล
อาแซร์ร่า

HALAMAN PERSEMBAHAN

Kangge mamah,

Jalmi anu aya dina hate abi jeung jalmi anu percaya upami
abi tiasa jeung mampu janteun penutup anu
sae kangge kaluarga.

Kangge romo,

Tiang inkang sampun meruhi kulo, sahingga kulo saget
dados tiang ingkang taat marang Gusti Maha
Kuoso.

Untuk almamater

Program Studi Kimia UIN Sunan Kalijaga

Yogyakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya. Shalawat serta salam tak lupa penulis panjatkan kehadirat Nabi Muhammad SAW, karena atas rahmat dan karunia-Nyalah penulis dapat menyelesaikan sekripsi ini dengan judul yang diambil oleh penulis adalah “Sintesis Dan Karakterisasi Komposit Montmorilonit/Kitosan-Besi (MMT/Cs-Fe) Dan Uji Kinerjanya Untuk Adsorpsi dan Reduksi Logam Cr(VI).”

Penyelesaian karya tulis ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih kepada:

1. Bapak Irwan Nugraha M.Sc., selaku pembimbing sekripsi yang telah sabar membimbing dan telah meluangkan waktu untuk membimbing, mengarahkan dan memotivasi penulis dapat menyelesaikan penulisan sekripsi. Terimakasih telah menjadi kaka yang menerima ide-ide kami sehingga kami dapat mencari apa yang kami inginkan. Maaf kami hanya bisa mempersembahkan ini.
2. Bapak Wijayanto, S.Si., Bapak Indra Nafiyanto, S.Si., dan Ibu Isni Gustanti, S.Si., selaku laboran Laboratorium Kimia Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta yang selalu membantu dan mengarahkan selama melakukan penelitian.
3. Seluruh dosen yang telah memberikan ilmunya kepada penyusun dengan sabar dan ikhlas.
4. Orang tua yang telah memberikan dukungan moral dan material selama masa studi dan proses penyusunan skripsi ini.

5. Teman-teman Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negri Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Penyusun menyadari skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penyusun mohon maaf yang sebesar-besarnya apabila terdapat kekeliruan. Kritik dan saran sangat diharapkan penyusun demi kemajuan perkembangan ilmu kimia di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penyusun khususnya dan pembaca sekalian.

Yogyakarta, 05 Januari 2015.

Penyusun.

Kamilan
NIM:11630028

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN NOTA DINAS KONSULTAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
MOTTO	viiI
HALAMAN PERDEMBAHAN	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	viv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
ABSTRAK	xvii

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang	1
B. Batasan Masalah	4
C. Rumusan Masalah	4
D. Tujuan	4
E. Manfaat Penelitian	5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka	6
B. Landasan Teori	7
1. Nano Zero Valent Iron (nZVI)	7
2. Oksida Besi	8
3. Kitosan	10
4. Montmorilonit	12
5. Komposit	14
6. Kromium	14
7. Adsorpsi	15

8. Ultrasonic Cleaner	18
9. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	20
10. <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	22
11. <i>Transmission Electron Microscope</i> (TEM)	24
12. <i>Spectrophotometer Ultraviolet-Visible</i> (UV-Vis)	26

BAB III METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan	29
B. Cara Kerja Penelitian	29
1. Sintesis Kitosan-Fe	29
2. Sintesis Montmorilonit/Kitosan-Fe	30
3. Uji Kemagnetan	30
4. Aplikasi Adsorben Montmorilonit/Kitosan-Fe pada larutan Cr(VI)	31

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.

A. Kitosan	32
B. Montmorillonit	34
C. Besi (Fe)	39
D. Besi (Fe) Terlapis	42
E. Karakterisasi Besi (Fe) Terlapis	46
1. Identifikasi gugus fungsional menggunakan spektrofotometer FTIR.....	46
2. Uji Kristalitas Menggunakan XRD	48
3. Uji Morfologi Menggunakan TEM	52
4. Karakteristik Menggunakan SAED	54
5. Uji Kemagnetan Komposut	55
F. Uji Absorpsi Montmorilonit/Kitosan-Fe.....	56
1. Uji Menggunakan UV-Vis	58

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

F. Kesimpulan	62
G. Saran	63

DAFTAR PUSTAKA	64
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN	69
-----------------------	-----------

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Struktur Kitin	11
Gambar 2.2. Struktur Kitosan	11
Gambar 2.3. Struktur Montmorillonit	13
Gambar 2.4. Difraktogram Sinar-X.....	20
Gambar 4.1. Spektrum FTIR Kitosan	32
Gambar 4.2. Difraktogram sinar-X Kitosan	29
Gambar 4.3. Spektrum FTIR Montmorilonit	36
Gambar 4.4. Difraktogram sinar-X Montmorilonit	34
Gambar 4.5. Teknik Pengadukan Menggunakan Mekanik dan Ultrasonik .	40
Gambar 4.6. Spektrum FTIR Besi (Fe) setelah direduksi dengan NaBH ₄	40
Gambar 4.7 Difraktogram Sinar-X Besi (Fe) setelah direduksi dengan NaBH ₄	42
Gambar 4.8. Spektrum FTIR (a) Fe, (b) cs-Fe dan (c) MMT/Cs-Fe	46
Gambar 4.9. Difraktogram Sinar-X perbandingan kristalitas (a) Fe, (b) Cs-Fe dan (c) MMT/cs-Fe	49
Gambar 4.10. TEM Fe terlapis kitosan dan montmorilonit	53
Gambar 4.11. Kristalisasi SAED (a) ZVI menurut Grace <i>at al.</i> (2012) dan (b) MMT/Cs-Fe	54
Gambar 4.12. Perbandingan uji kemagnetan Cs-Fe dan MMT/Cs-Fe	56
Gambar 4.13. Grafik Hasil AAS larutan Cr ⁶⁺ dengan adsorben MMT/Cs-Fe	58
Gambar 4.14. Grafik Hubungan variasi massa MMT/CS-Fe dengan Absorbansi Cr ⁶⁺	59
Gambar 4.15. Grafik Langmuir dengan R ² = 0,765	60
Gambar 4.16. Grafik Freundlich dengan R ² = 0,9621.....	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Jenis-jenis oksida besi berdasarkan komposisi penyusunnya .	9
Tabel 4.1.	Puncak serapan FTIR kitosan.....	33
Tabel 4.2.	Puncak Serapan FTIR montmorilonit	36
Tabel 4.3.	Harga 2θ dan Jarak Antar Bidang (d) montmorilonit.....	38
Tabel 4.4.	Pergeseran Fe dengan pelapisan kitosan dan montmorilonit ..	48
Tabel 4.5.	Data XRD berdasarkan pelapisan Fe	51
Tabel 4.6.	Data XRD berdasarkan peningkatan oksida pada Fe	51
Tabel 4.7.	Data difraksi XRD dan SAED.....	55
Tabel 4.8.	Data hasil analisis AAS pada komposit MMT/Cs-Fe	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Derajat Deasetilasi Kitosan	61
Lampiran 2. Kristalitas XRD	69
Lampiran 3. Data isoterm adsorpsi MMT/Cs-Fe	76
Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian	77

ABSTRAK

SINTESIS DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT MONTMORILONIT/KITOSAN-BESI (MMT/Cs-Fe) DAN UJI KINERJANYA UNTUK ADSORPSI DAN REDUKSI Cr(VI)

Oleh:
Kamilan
11630028

Pembimbing:
Irwan Nugraha, S.Si., M.Sc.

Telah dilakukan sintesis komposit montmorilonit/kitosan-besi (MMT/Cs-Fe) serta aplikasinya bagi adsorpsi dan reduksi Cr(VI). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji ukuran partikel MMT/Cs-Fe serta mengkaji kapasitas adsorpsi dan reduksi dari komposit MMT/Cs-Fe pada logam Cr(VI). Sintesis menggunakan metode mekanik dan sonokimia. MMT/Cs-Fe sebagai adsorben disintesis dengan mereaksikan campuran $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dengan NaBH_4 perbandingan (1:2) dan pencampuran Fe dan pelapis (kitosan dan montmorilonit) dengan perbandingan rasio mol dari kitosan dan montmorilonit (50:50 dalam 3 mL). Pengadukan dilakukan pada suhu 22°C pada pH 6. Komposit (MMT/Cs-Fe) dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectrophotometer* (FTIR), *Diffraction* (XRD), *Transmission Electron Micrograph* (TEM), uji kemagnetan MMT/Cs-Fe menggunakan medan magnet luar serta uji adsorpsi Cr(VI).

Hasil karakterisasi FTIR menunjukkan gugus fungsi antara partikel Fe dengan kitosan dan Montmorilonit terdapat bilangan gelombang dari gugus Fe-O pada MMT/Cs-Fe sebesar 347 cm^{-1} . Hasil dari difatogram XRD menunjukkan bahwa sampel MMT/Cs-Fe memiliki karakter kristalitas yang rendah. Hasil TEM menunjukkan bahwa ukuran partikel Fe dalam komposit MMT/Cs-Fe sebesar 100 nm. Berdasarkan uji isoterm Freundlich, didapatkan kapasitas adsorpsi sebesar 1,49 mol/L.

Kata Kunci: besi, pelapisan, kitosan, montmorilonit, adsorpsi logam Cr(VI)

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Iron (Fe) mempunyai sifat reaktifitas yang tinggi dan kompatibilitas pada lingkungan, dapat digunakan untuk pengolahan air dan tanah atau remediasi air tanah (Zhang, 2003; Li *et al.*, 2006 dan Crane *et al.*, 2012). Pembuktian dari reaktivitas nZVI melalui dehalogenasi pada hidrokarbon terhalogenasi (Song *et al.*, 2005 dan Liu *et al.*, 2005), penyerapan logam berat (Hou *et al.*, 2008; Miehr *et al.*, 2008 dan Zhang *et al.*, 2007), pengurangan konstaminan anorganik (Xiong *et al.*, 2007; Kanel *et al.*, 2005 dan Choi *et al.*, 2009).

Iron (Fe) dapat disintesis melalui metode fisik dan kimia (Reddy *et al.*, 2009). Dua proses metode fisik yang digunakan untuk sintesis dari struktur nano adalah *high energy milling ball* dan *inert gas condensation* (Katsenovich *et al.*, 2009 dan Nurmi *et al.*, 2005) dan salah satu metode sintesis kimia yaitu reduksi kimia yang merupakan proses yang sederhana (Liao *et al.*, 2007) dan metode ini menghasilkan struktur yang homogen maka menyebabkan reaktivitas tinggi dari nanopartikel yang didapatkan (Sarathy *et al.*, 2008 dan Theron *et al.*, 2008).

Partikel Fe cenderung menggumpal karena adanya interaksi antar partikel seperti interaksi magnetik dan Van Der Waals. Proses aglomerasi yaitu volumetrik ekspansi pada oksidasi dan pemanasan oleh logam (hydr)oxida (Noubactep *et al.*, 2012). Akibatnya, luas permukaan menurun dan kereaktifannya melemah (Zhao *et al.*, 2007).

Sifat hidrofobisitas pada permukaan Fe dapat ditingkatkan dengan modifikasi, yaitu menggunakan proses pelapisan baik dengan senyawa organik ataupun senyawa anorganik (Wu *et al.*, 2008). Salah satu metode yang dapat digunakan untuk modifikasi Fe yaitu pemberian material berpori (Uzum *et al.*, 2009 dan Shi *et al.*, 2011) sehingga dapat membentuk komposit, kitosan merupakan material berpori dengan jenis organik yang mempunyai produk hidrofil dan kation kitin yang memiliki daya adsorpsi yang baik terhadap logam dan senyawa organik (Geng *et al.*, 2008) sedangkan bahan berpori anorganik seperti karbon aktif (Zhu *et al.*, 2009), silika (Zheng *et al.*, 2008), zeolit (Wang *et al.*, 2010), resin polimer (Ponder *et al.*, 2000) dan smektit (Zhao *et al.*, 2009), sehingga bahan berpori dapat meningkatkan dispersi dan stabilitas partikel Fe karena sifatnya yang unik (Uzum *et al.*, 2009 dan Shi *et al.*, 2011).

Solusi untuk meningkatkan keefektifan Fe yaitu dengan cara pelapisan menggunakan kitosan karena murah dan efektif dibandingkan dengan adsorben yang lainnya, sehingga dapat digunakan untuk remediasi senyawa organik atau senyawa anorganik dalam air (Bhatnager dan Sillanpaa, 2009). Kinerja kitosan sebagai adsorben dapat mengatasi pencemaran dari logam, zat warna, fenol, flourid dan phthalates (Bhatnager dan Sillanpaa, 2009) karena struktur kitosan (poly kationik) yang unik, dapat mengadsorp zat warna anionik seperti asam (Crini dan Badot, 2008) dan mempunyai kationik berupa gugus amina yang dalam suasana asam menyebabkan terjadinya adsorpsi anion dengan cara pertukaran ion (Muzzarelli, 2011).

Kitosan memiliki beberapa karakteristik seperti biokompatibilitas, biodegrabilitas, pembaruan, bioaktivitas dan non toksik (Varma *et al.*, 2004 dan Zhou *et al.*, 2007). Kelemahan dari kitosan murni yaitu mahal, stabilitas kimianya rendah, daya kembang dan daya apung yang tinggi. Untuk menutupi kelemahan itu maka akan dikompositkan dengan bahan pendukung seperti montmorilonit, karena strukturnya yang terdiri dari dua tetrahedral berupa silika yang mengapit oktahedral berupa alumina.

Subsitusi isomorf pada montmorilonit menyebabkan terdapatnya muatan negatif yang permanen dari Al^{3+} untuk Si^{4+} lapisan tetrahedral dan Mg^{2+} untuk Al^{3+} pada lapisan oktahedral. Pada struktur kisi muatan negatif diimbangi oleh adanya kation seperti Na^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , dan lain-lain maka dapat menyerap konstaminan kationik dengan pertukaran kation (Hu *et al.*, 2006) dan menyerap polutan nonionik dengan metode partisi (Chen *et al.*, 2005; dan Zhu dan Zhu, 2008).

Penelitian ini akan dipelajari proses pelapisan Fe dengan kitosan sehingga terbentuk kitosan-Fe (Cs-Fe) dan hasilnya akan dikompositkan dengan montmorilonit sehingga terbentuk komposit berupa montmorilonit/kitosan-besi (MMT/Cs-Fe). Hasil dari sintesis akan dikarakterisasi dengan TEM untuk mengetahui kisaran ukuran partikel Fe yang sudah menjadi *core/shell* dengan kitosan dan mengetahui ukuran partikel kitosan-Fe yang sudah membentuk komposit dengan montmorilonit, dan melihat morfologi MMT/Cs-Fe. Setelah dikarakterisasi MMT/Cs-Fe akan digunakan untuk adsorpsi dan reduksi logam berat Cr(VI).

B. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Montmorilonit dan Kitosan yang digunakan berasal dari Indonesia.
2. Metode sintesis Cs-Fe dan MMT/Cs-Fe yang digunakan adalah metode batch.
3. Pengukuran banyaknya logam Cr(VI) yang tereduksi dan teradsorb digunakan instrument Spektroskopi Ultraviolet-Visible (UV-Vis).

C. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakterisasi Cs-Fe dan MMT/Cs-Fe?
2. Bagaimana kinerja komposit MMT/Cs-Fe pada adsorpsi dan reduksi logam Cr(VI)?

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengkaji ukuran partikel MMT/Cs-Fe.
2. Mengkaji kapasitas adsorpsi dan reduksi dari komposit MMT/Cs-Fe pada logam Cr(VI).

E. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan dapat mengurangi pencemaran logam berat pada lingkungan.
2. Pengembangan metode dalam pembuatan adsorben dari MMT/Cs-Fe dan aplikasinya.
3. Memberikan informasi tentang pemanfaatan MMT/Cs-Fe yang dapat digunakan adsorben logam Cr(VI).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat dimbil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Pelapisan dengan kitosan yang mempunyai gugus –OH dan –NH₂ untuk partikel Fe, menunjukkan terbentuknya ikatan antara kitosan (Cs) dengan partikel Fe. Selain itu, Cs-Fe diinteraksikan dengan montmorilonit menunjukkan terbentuknya ikatan antara montmorilonit dengan Cs-Fe.
2. Hasil karakterisasi dari komposit montmorilonit/kitosan-Fe (MMT/Cs-Fe) terjadinya penurunan dari pembentukan Fe sehingga bertambahnya senyawa-senyawa besi oksida.
3. Karakterisasi TEM pada hasil sintesis komposit MMT/Cs-Fe menghasilkan senyawa besi dengan skala 100 nm disebabkan terjadi proses aglumerasi dan hasilnya menunjukkan bahwa partikel Fe berwarna hitam, kitosan berwarna abu-abu sedangkan montmorilonit tidak terdeteksi.
4. Hasil remediasi komposit MMT/Cs-Fe dengan larutan Cr(VI) ini masuk metode *Freundlich* dengan degrasi linier sebesar $R^2=9621$ pada suasana permukaan yang multilayer, Berdasarkan uji aktivitas, didapatkan kapasitas adsorpsi dan konstanta adsorpsi pada komposit MMT/Cs-Fe sebesar 1,49 mol/L dan 1,368 L/mol.

B. Saran

Saaran pada penelitian ini antara lain:

1. Sebaiknya pada setiap sintesis Fe (nZVI) harus menggunakan gas N₂ atau Ar sedangkan penyimpanan sebaiknya menggunakan tempat yang ivakum dan dialiri gas N₂.
2. Dilakukannya perbaikan pada metode penelitian ini sehingga didapatkan nZVI yang murni tanpa ada oksida besi.

DAFTAR PUSTAKA

- Allan C. R. and Hadwiger L. A. 1979. *The fungicidal effect of chitosan on fungi of varying cell wall composition.* *Exp. Mycol.* **3:** 285-287.
- Austin P. R., Brine C. J., Castle J. E. and Zikakis J. P. 1981. *Chitin: New facets of research.* *Science.* **212:**749-753.
- Ayyappan, G.N.S. Subbanna, R.S. Gopalan, C.N.R. Rao,. 1996. *Nanoparticles of nickel and silaver produced by the polyol reduction of the metal salts intercalated in the montmorillonite.* *Solid State Ionics* **84:**271–281.
- Bhatnagar A, dan Sillanpää M. 2009. *Applications of chitin- and chitosan-derivatives for the detoxification of water and wastewater — a short review.* *Adv Colloid Interface* **152:**26–38.
- Bhattacharyya, K. G.; Gupta, S. S. 2008. *Adsorption of a few heavy metals on natural and modified kaolinite and montmorillonite: a review* *Adv. Colloid Interface Sci.* **140** (2) 114.
- Chen, B. L. Zhu, J. Zhu, B. Xing. 2005. *Configurations of the bentonite-sorbed myristylpyridinium cation and their influences on the uptake of organic compounds,* *Environ. Sci. Technol.* **39** 6093–6100.
- Choi, H. Q. Wang, S. Snyder, J. Kim. 2009. *Aqueous ethanol modified nanoscale zero valent iron in bromate reduction: Synthesis, characterization, and reactivity,* *Environ. Sci. Technol.* **43** 3292–3299.
- Crane, R.A. dan Scott, T.B. 2012. *Nanoscale zero-valent iron: future prospects for an emerging water treatment technology,* *J. Hazard. Mater.* **211–212** dan **112–125.**
- Crini G, dan Badot P-M. 2008. *Application of chitosan, a natural aminopolysaccharide, for dye removal from aqueous solutions by adsorption processes using batch studies: a review of recent literature.* *Prog Polym Sci* **33:**399–447.
- Deng S, dan Bai R. 2004. *Removal of trivalent and hexavalent chromium with aminated polyacrylonitrile fibers: performance and mechanisms.* *Water Res* **38:** 2424.
- Geng, Bing. Jin, Zhaohui. Li, Tielong., Qi, Xinhua. 2008. *Preparation of chitosan-stabilized FeO nanoparticles for removal of hexavalent Chomium in water.* **407** 4994-5000.
- Guinebretire, Fene. 2007. *X-Ray Diffraction by Polycrystalline Materials.* France: Great Britain and the United State.
- Gu, H. C. Jia, H. Li, B.J. Teppen, S.A. Boyd. 2010. *Synthesis of highly reactive subnano-sized zero-valent iron using smectite clay templates.* *Environ. Sci. Technol.,* **44:**4258–4263.
- Guo, J. dan M. Al-Dahhan. 2006. *Appl. Catal. A* **299** 175–184.
- Gyliene, O, Rezmutė, I, Tarozaite, R dan Nivinskiene, O. 2003. *Chemical Compositition and Sorption Properties of Chitosan Produced frpm Fly Larva Shells.* *Chemija (Vilminus),* T.14 Nr.3: 121-127.
- Huang, Y.H.T.. Yang,. 2008. *Preparation of silver nanoparticles in inorganic clay suspensions,* *Compos. Sci. Technol.* **68:** 2948–2953.

- Hou, M.F. H.F. Wan, T.L. Liu, Y.N. Fan, X.M. Liu, X.G. Wang. 2008. *The effect of different divalent cations on the reduction of hexavalent chromium by zerovalent iron*, Appl. Catal. B – Environ. 84 170–175.
- Hu, Q.H. S.Z. Qiao, F. Haghseresht, M.A. Wilson, G.Q. Lu. 2006. *Adsorption study for removal of basic red dye using bentonite*, Ind. Eng. Chem. Res. 45 733–738.
- Hwang, Y.H. D.G. Kim, Y.T. Ahn, C.M. Moon, H.S. Shin. 2010. Water Sci. Technol. 61 705–712.
- Juang, R.S. R.L. Tseng, F.C. Wu, S.H. Lee. 1997. *Adsorption behavior of reactive dyes from aqueous solutions on chitosan*, J. Chem. Technol. Biotechnol. 70 391–399.
- Julinová M, dan Slavík R. 2012. *Removal of phthalates from aqueous solution by different adsorbents: a short review*. J Environ Manage 94:13–24.
- Ju-Nam, J. Lead, Y. 2008. *Manufactured nanoparticles: an over view of their chemistry, interactions and potensial environmental implications*. Sri. Total Environ. 400:396-414.
- Joo, S.H. Feitz A.J. Sadlak, D.L. and Waite, T.D. 2005. *Quantification of the oxidizing capacity of nanoparticulate zero-valent iron*. Environ Sci Technol. 39:1263-8.
- Kanel, S.R. D. Nepal, B. Manning, H. Choi, J. 2007. Nanopart. Res. 9 725–735.
- Kanel, S.R. Greneche, J.M. and Choi, H. 2006. *Arsenic(V)removal from ground water using nano scale zero-valent iron as a colloidal reactive barrier material*. Environ Sci Technol. 40:2045-50.
- Kanel, S.R. B. Manning, L. Charlet, H. Choi. 2005. *Removal of arsenic(III) from groundwater by nanoscale zero-valent iron*, Environ. Sci. Technol. 39 1291–1298.
- Karaborni S, Smit B, Jeidug W, Urai J, Van Oort E. 1996. Science 271:1102.
- Katsenovich, Y.P. F.R. Miralles-Wilhelm. 2009. *Evaluation of nanoscale zerovalent iron particles for trichloroethene degradation in clayey soils*,Sci. Total Environ. 4074986–4993.
- Katz, S., Salem, H., 1994. *The Biological and Environmental Chemistry of Chromium*. VCH Publishers, New York.
- Kianpoura, G. M. Salavati-Niasaria, H. Emadi. 2013. *Sonochemical synthesis and characterization of NiMoO₄ nano rods*, Ultrason. Sonochem. 20 418–424.
- Knorr, D. 1982. *Functional Properties Of Chitin And Chitosan*. Journal Food Sci. 47, 593-595.
- Knorr D. 1991. *Recovery and Utilization of Chitin and Chitosan in Food Processing Waste Management*. Food Technol.. 114-122.
- Koster R., Kramer R. 1988. *Treatment and Conditioning of Liquid Low and Intermediate Level Waste*. Management of Low and Intermediete Level Radioactive Wastes, Vol 2, Proceeding Series, Vienna.
- Liao, C.J. T.L. Chung, W.L. Chen, S.L. Kuo. 2007. *Treatment of pentachlorophenolcontaminated soil using nano-scale zero-valent iron with hydrogen peroxide*, J. Mol. Catal. A Chem. 265 189–194.
- Li Q., Dunn E. T., Grandmaison E. W. and Goosen M. F. A. 1992. *Applications and properties of chitosan*. J. Bioactive and Compatible Polym. 7: 370-397.

- Li, Q.X. dan Zang, W.X. 2006. *Iron nanopartikel: the core-shell structure and unique properties for Ni(II) sequestration*. Langmuir. 22:4638-42.
- Li, Q.X. D.W. Elliott, W.X. Zhang. 2006. *Zero-valent iron nanoparticles for abatement of environmental pollutants: materials and engineering aspects*, Crit. Rev. Solid State 31 111–122.
- Li, Z., Kirk Jones, H., Zhang, P., Bowman, R.S., 2007. *Chromate transport through columns packed with surfactant-modified zeolite/zero valent iron pellets*. Chemosphere 68, 1861-1866.
- Linsley, Trevor. 1998. *Basic Electrical Installation Work*. Diterjemahkan oleh: Satriawan, Mirza,. Santika, Wayan,. Hardani, Wibi,. 2004. *Instalasi listrik Dasar Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga.
- Liou, Y.H. S.L. Lo, W.H. Kuan, C.J. Lin, S.C. Weng. 2006. Water Res. 40 2485–2492.
- Liu, Y.Q. S.A. Majetich, R.D. Tilton, D.S. Sholl, G.V. Lowry. 2005. *TCE dechlorination rates, pathways, and efficiency of nanoscale iron particles with different properties*, Environ. Sci. Technol. 39 1338–1345.
- Lourdes, P. Dalida A., Frencia, V. Mariano A., Fulatan, C.M., Kan, Chi-Chuan., Tsai, Wan-Chi., Wan, Meng-Wei. 2010. *Adsorptive removal of Cu(II) from aqueous solutions using non-crosslinked and crosslinked chitosan-coated bentonite beads*. Desalination 275 (2011) 154-159.
- Lowry, G.V. and Jhonson, K.M. 2004. *Congener-specific dechlorination of dissolved PCBs by microscale and nanoscale zerovalent iron in a water/methanol solution*. Environ Sci Technol. 38:5208–16.
- M.A. De Leo'ın, J. Castiglionia, J. Bussi, M. Sergio. 2008. Catal. Today 133–135 600–605.
- Miehr, R. P.G. Tratnyek, J.Z. Bandstra, M.M. Scherer, M.J. Alowitz, E.J.Bylaska. 2004. *Diversity of contaminant reduction reactions by zerovalent iron:role of the reductate*, Environ. Sci. Technol. 38 139–147.
- Miretzky P, dan Cirelli AF. 2011. *Fluoride removal from water by chitosan derivatives and composites: a review*. J Fluor Chem 132:231–40.
- Mohandesa, F. dan M. Salavati-Niasari. 2013. *Sonochemical synthesis of silver vanadium oxide micro/nanorods: solvent and surfactant effects*, Ultrason. Sonochem. 20 354–365.
- Muzzarelli R.A.A. 2011. *Potential of chitin/chitosan-bearing materials for uranium recovery: an interdisciplinary review*. Carbohydr Polym 84:54–63.
- Ngomsik, A., Bee, A., Draye, M., Cote, G., Cabuil, V., 2005. *Magnetic nano-and microparticles for metal removal and environmental applications: a review*. Comptes Rendus- Chimie 8, 963-970.
- No H. K. and Meyers S. P. 1992. *Utilization of Crawfish Processing Wastes as Carotenoids, Chitin, and Chitosan Sources*. J. Korean Soc. Food Nutr. 21:319-326.
- Nogueira, F.G.E. J.H. Lopes, A.C. Silva, R.M. Lago, J.D. Fabris, L.C.A. 2011. Oliveira, Appl. Clay Sci. 51 385–389.
- Nurmi, J.T. P.G. Tratnyek, V. Sarathy, D.R. Baer, J.E. Amonette, K. Pecher, C. Wang, J.C. Linehan, D.W. Matson, R.L. Penn, M.D. Driesssen. 2005. Environ. Sci. Technol. 39 1221–1230.

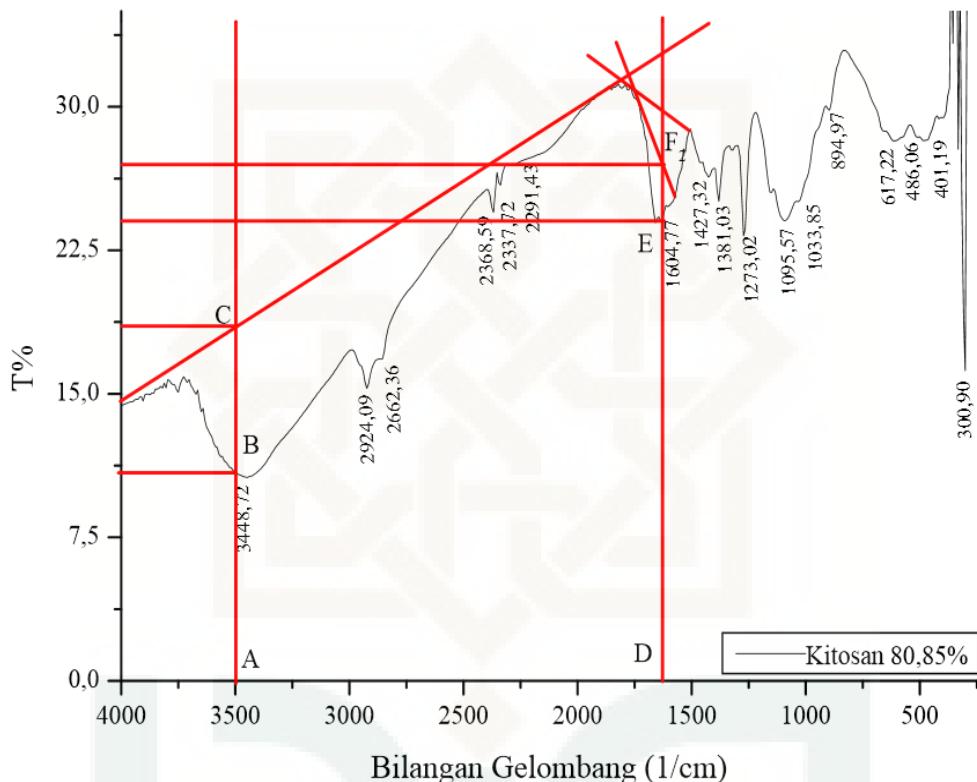
- Owlad, M. M.K. Aroua, W.A.W. Daud, S. Baroutian. 2009. Water, Air, & Soil Pollution 200 59–77.
- Phenrat, N. T. Saleh, K. Sirk, R.D. Tilton, G.V. Lowry. 2007. Environ. Sci. Technol. 41 284–290.
- Ponder, S.M. J.G. Darab, T.E. Mallouk. 2000. *Remediation of Cr(VI) and Pb(II) aqueous solutions using supported, nanoscale zero-valent iron*, Environ. Sci. Technol. 34 2564–2569.
- Prashanth R. and Tharanathan R. 2007. *Chitin/chitosan: modifications and their unlimited application potentialan overview*. Trends Food Sci. Tech. 18: 117–31.
- Rusli, M. Syahbana. 2010. *Sukses Memproduksi MInyak Atsiri*. Jakarta: PT. Agro Media Pustaka.
- Reddy, K.R. 2010. *Reactivity of lactate-modified nanoscale iron particles with 2,4-dinitrotoluene in soils*, J. Hazard. Mater. 182 177–183.
- Sakaguchi, T. T. Horikoshi, A. Nakajima. 1981. *Adsorption of uranium by chitin phos-phate and chitosan phosphate*, Agric. Biol. Chem. 45 2191–2195.
- Salavati-Niasari, M. G. Hosseinzadeh, F. Davar. 2011. *Synthesis of lanthanum carbonate nanoparticles via sonochemical method for preparation of lanthanum hydroxide and lanthanum oxide nanoparticles*, J. Alloys Compd. 509 (2011) 134–140.
- Sarathy, P.G.V. Tratnyek, J.T. Nurmi, D.R. Baer, J.E. Amonette, C.L. Chun, R.L. Penn, E.J. Reardon, J. Phys. 2008. *Chem. C* 112 2286–2293.
- Schoonheydt, R.A. 2002. *Clay Clay Miner.* 50 411–420.
- Shen, Y.S. S.L. Wang, Y.M. Tzou, Y.Y. Yan, W.H. Kuan. 2012. *Removal of hexavalent Cr by coconut coir and derived chars-The effect of surface functionality*, Bioresour. Technol. 104 165–172.
- Shofyan, Mohamad. 2010. Sifat Kitosan. (<http://forum.upi.edu/v3/index.php?topic=15647.0/09/03/2014/jam14:04>).
- Song, H. dan E.R. Carraway. 2005. *Reduction of chlorinated ethanes by nanosized zerovalent iron: kinetics, pathways, and effects of reaction conditions*. Environ. Sci. Technol. 39 6237–6245.
- Sun, Y.P. X.Q. Li, J. Cao, W.X. Zhang, and H.P. Wang. 2006. *Characterization of zero-valent iron nanoparticles*, Adv. Colloid. Interf. Sci. 120:47–56.
- Supeno, Minto. 2009. *Bentonit Terpilar dan Aplikasi*. Medan: USU Press.
- Tan, Kim H., 1982. *Principles of Soil Chemistry*. Marchel Decker Inc., New York, Alih bahasa : *Dasar-dasar Kimia Tanah*, Didiek Hadjar Goenadi, 1991. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Tahir, S.S. dan N. Rauf. 2006. *Removal of a cationic dye from aqueous solutions by adsorption onto bentonite clay*, Chemosphere 63 1842–1848.
- Theron, J. J.A. Walker, T.E. Cloete. 2008. Crit. Rev. Microbiol. 34 43–69.
- Uzum, C., Shahwan, T., Ero lu, A.E., Hallam, K.R., Scott, T.B., Lieberwirth, I., 2009. *Synthesis and characterization of kaolinite-supported zero-valent iron nanoparticles and their application for the removal of aqueous Cu²⁺ and Co²⁺ ions*. Appl. Clay Sci. 43, 172-181.
- Uzum, T.C. Shahwan, A.E. Erolu, K.R. Hallam, T.B. Scortt, I. Liberwirth. 2009. *Synthesis and characterization of kaolinite-supported zero-valent iron*

- nanoparticles and their application for the removal of aqueous Cu²⁺ and Co²⁺ ions, Appl. Clay Sci 43:5079–5085.*
- Varma, A.J. S.V. Deshpande, J.F. Kennedy. 2004. *Metal complexation by chitosan and its derivatives: a review, Carbohydr. Polym. 55* 77–93.
- Varma, R.S. 2002. *Tetrahedron* 58 1235–1255.
- Virkutyte1, J. R.S. Varma, Sep. Purif. 2011. Technol. 78 201–207.
- Wang, C.B. dan W.X. Zhang. 1997. Environ. Sci. Technol. 31 2154–2156.
- Wang CB, and Zhang WX. *Synthesizing nanoscale iron particles for rapid and complete dechlorination of TCE and PCBs*. Environ Sci Technol. 31:2154–6.
- Wang, C.C. L.C. Juang, T.C. Hsu, C.K. Lee, J.F. Lee, F.C. Huang. 2004. *Adsorption of basic dyes onto montmorillonite*, J. Colloid Interface Sci. 273 80–86.
- Wang, W. M.H. Zhou, Q.O. Mao, J.J. Yue, X. Wang. 2010. *Novel NaY zeolite-supported nanoscale zero-valent iron as an efficient heterogeneous Fenton catalyst*, Catal. Commun. 11 937–941.
- Wu, F. J. Li, Z.E. Peng, N. Deng. 2008. Chemosphere 72 407–413.
- Xiong, Z. D.Y. Zhao, G. Pan. 2007. *Rapid and complete destruction of perchlorate in water and ion-exchange brine using stabilized zero-valent iron nanoparticles*, Water Res. 41 3497–3505.
- Zhang L, Manthiram A. 1997. *Chains composed of nanosize metal particles and identifying the factors driving their formation*. Appl Phys Lett 70:2469–71.
- Zhang, Y.Y., Jiang, H., Zhang, Y. Xie, Jie-Fang. 2013. *The dispersity-dependent interaction between montmorillonite supported nZVI and Cr(VI) in aqueous solution*. 229 : 412-419.
- Zhang, W.X. 2003. *Nano Scale iron particles for environmental remediation: an overview*. J Nanopart Res 5:323-32.
- Zhang, W.X. dan X.Q. Li. 2007. *Sequestration of metal cations with zerovalent iron nanoparticles – a study with high resolution X-ray photoelectron spectroscopy (HR-XPS)*, J. Phys. Chem. C 111 6939–6946.
- Zhao, D.Y. F. He, J.C. Liu, C.B. Roberts. 2007. *Stabilization of Fe–Pd nanoparticles with sodium carboxymethyl cellulose for enhanced transport and dechlorination of trichloroethylene in soil and groundwater*, Ind. Eng. Chem. Res. 46 29–34.
- Zheng, T.H. J.J. Zhan, J.B. He, C. Day, Y.F. Lu, G.L. Mcpherson, G. Piringer, V.T. John. 2008. *Reactivity characteristics of nanoscale zerovalent iron-silica composites for trichloroethylene remediation*, Environ. Sci. Technol. 42 4494–4499.
- Zhou, Y.S. D.Z. Yang, J. Nie. 2007. *Preparation and characterization of crosslinked-chitosan based nanofibers*, Chin. Chem. Lett. 18 118–120.
- Zhu, H.J. Y.F. Jia, X. Wu, H. Wang. 2009. *Removal of arsenic from water by supported nano zero-valent iron on activated carbon*, J. Hazard. Mater. 172 1591–1596.
- Zhu, L. dan R. Zhu. 2008. *Surface structure of CTMA⁺ modified bentonite and their sorptive characteristics towards organic compounds*, Colloids Surf. A 320 19–24.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Kitosan

a. Perhitungan Derajat Deasetilasi Kitosan



Sampel	% T			Abs Hidrosil (3450 cm⁻¹)	Abs Amida (1655 cm⁻¹)	
	AB	AC	DE	DF2	Log (AC/AB)	Log (DF2/DE)
Kitosan	3	5,4	6,8	7,5	0,255	0,042

Base line b

$$\text{Persamaan: } 100 - \left[\frac{A_{1655}}{A_{3450}} \times 115 \right]$$

$$\text{Perhitungan: } 100 - \left[\frac{0,042}{0,255} \times 115 \right]$$

$$100 - [0,1665 \times 115] = 80,85\%$$

b. Perhitungan Viskositas

1. Asam asetat (CH_3COOH) Pro Analis

$$\begin{aligned} M &= \frac{\% \times \rho \times 10}{Mr} \\ &= \frac{99,9 \times 1,05 \times 10}{60} \\ &= 17,48 \text{ M} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_1 M_1 &= V_2 M_2 \\ V_1 &= \frac{V_2 \times M_2}{M_1} \\ V_1 &= \frac{1000 \text{ mL} \times 0,1 \text{ M}}{17,48 \text{ M}} \\ V_1 &= 5,88 \text{ mL} \end{aligned}$$

Larutan standar CH_3COOH

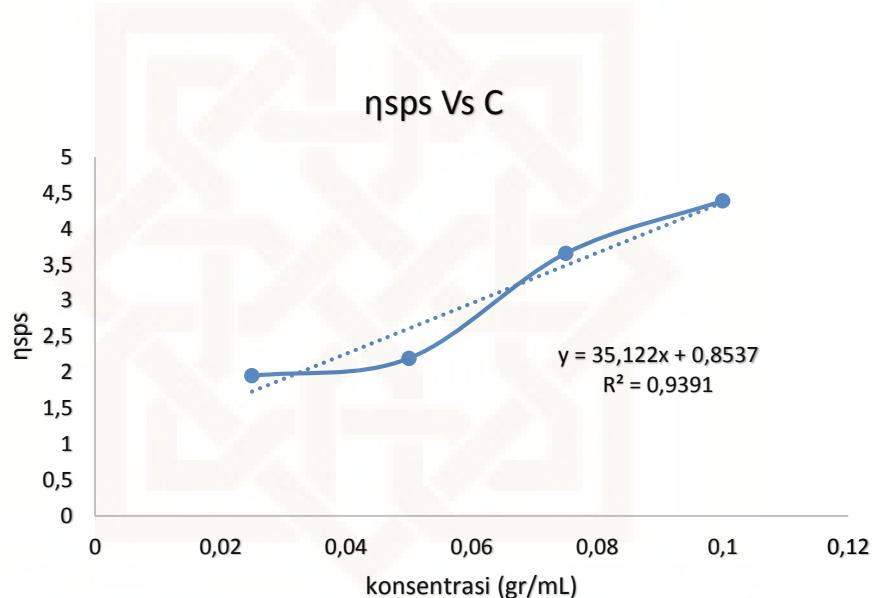
$$\begin{aligned} V_1 M_1 &= V_2 M_2 \\ V_1 &= \frac{V_2 \times M_2}{M_1} \\ V_1 &= \frac{100 \text{ mL} \times 0,1 \text{ M}}{17,48 \text{ M}} \\ V_1 &= 0,57 \text{ mL} \end{aligned}$$

2. Natrium Klorida (NaCl)

$$\text{Mol NaCl} = 1000 \text{ mL} \times \frac{0,2 \text{ mol NaCl}}{1000 \text{ mL Larutan}} = 0,2 \text{ mol NaCl}$$

$$\text{Gram NaCl} = 0,2 \text{ mol NaCl} \times \frac{58,44 \text{ gram NaCl}}{1 \text{ mol NaCl}} = 11,68 = 11,7 \text{ gram NaCl}$$

sampel	konsentrasi (gr/mL)	waktu			trata-rata	η_{rel}	η_{sps}	η_{red}
		t1	t2	t3				
Cs1	0,025	1,7	1,7	1,5	1,633333	1,195122	0,195122	1,95122
Cs2	0,05	1,8	1,6	1,6	1,666667	1,219512	0,219512	2,195122
Cs3	0,075	1,8	1,9	1,9	1,866667	1,365854	0,365854	3,658537
Cs4	0,1	1,9	2	2	1,966667	1,439024	0,439024	4,390244
CH ₃ COOH	0,02	1,3	1,4	1,4	1,366667			



Perhitungan:

a. η_{rel} tiap bahan

$$Cs1 = \frac{t_{rata-rata\ Cs1}}{t_{rata-rata\ CH_3COOH}} = \frac{1,633333}{1,366667} = 1,195122$$

$$Cs2 = \frac{t_{rata-rata\ Cs2}}{t_{rata-rata\ CH_3COOH}} = \frac{1,666667}{1,366667} = 1,219512$$

$$Cs3 = \frac{t_{rata-rata\ Cs3}}{t_{rata-rata\ CH_3COOH}} = \frac{1,866667}{1,366667} = 1,365854$$

$$Cs4 = \frac{t_{rata-rata\ Cs4}}{t_{rata-rata\ CH_3COOH}} = \frac{1,966667}{1,366667} = 1,439024$$

b. η_{sps} tiap bahan

$$Cs1 = \eta_{rel} - 1 = 1,195122 - 1 = 0,195122$$

$$Cs2 = \eta_{rel} - 1 = 1,219512 - 1 = 0,219512$$

$$Cs3 = \eta_{rel} - 1 = 1,365854 - 1 = 0,365854$$

$$\text{Cs4} = \eta_{\text{rel}} - 1 = 1,439024 - 1 = 0,439024$$

c. η_{red} tiap bahan

$$\text{Cs1} = \frac{\eta_{\text{sps}}}{C} = \frac{0,195122}{0,1} = 1,951220$$

$$\text{Cs2} = \frac{\eta_{\text{sps}}}{C} = \frac{0,219512}{0,1} = 2,195122$$

$$\text{Cs3} = \frac{\eta_{\text{sps}}}{C} = \frac{0,365854}{0,1} = 3,658537$$

$$\text{Cs4} = \frac{\eta_{\text{sps}}}{C} = \frac{0,439024}{0,1} = 4,390244$$

Persamaan garis yang didapatkan:

$$y = 35,122x + 0,8537$$

$$R^2 = 0,9391$$

persamaan Mark-Houwink

$$\begin{aligned} [\eta] &= K \times M^a \\ M &= \sqrt[a]{\frac{[\eta]}{K}} \\ &= \sqrt[0,93]{\frac{0,8537}{1,81 \times 10^{-3}}} \end{aligned}$$

$$= \sqrt[0,93]{471,6574586} = 20,19743885 \text{ kilo dalton}$$

Lampiran 2. Kristalitas XRD

a) Tabel 1 Karakterisasi XRD sampel komposit Besi

No.	Nama Senyawa	JCPDS	2θ	Intensitas
1	Fe ⁰ atau besi bervalensi nol (bentuk: <i>cubic</i> , kisi: <i>body-centered</i>)	44,671(110) 65,018(200)	44,965 66,273	17 6,05% 19 6,61%
62	Fe ₃ O ₄ atau magnetit (bentuk: <i>cubic</i> , kisi: <i>face-centered</i>)	30,100(220)	30,140	1 0,35%
		70,927(620)	70,960	1 0,35%
3.	α -Fe ₂ O ₃ atau hematit(bentuk: _____)	39,373(006)	39,201	9 3,20%

		<i>rhombohedral, kisi: Rhomb- centered)</i>			8,89%
			69,640(208)	69,636	16 5,69%
4	$\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$	atau maghemit(bentuk: <i>cubic,</i> <i>primitive</i>)	35,659(311) 68,314(610)	35,500 68,320	4 10 3,56% 8 7,83%
			69,368(611)	69,276	2,85%
5	$\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$	atau maghemit(bentuk: tetragonal, <i>primitive</i>)	11,177(101) 16,619(112) 30,528(116) 53,852(212) 63,011(4012)) 71,882(2115)) 79,549(4412))	11,120 16,500 30,412 53,843 63,080 8 2,85% 12 4,27% 79,460 3,91% 8 9 11 10 22,77% 3,20%	6 2,13% 8 2,85% 10 3,56% 11 3,91% 8 12 4,27% 9 10,67% 3,20%
6	$\gamma\text{-FeO(OH)}$	atau geotit (bentuk: tetragonal, <i>body-centered</i>)	26,881(130) 52,337(600) 70,081(701)	26,821 52,300 70,080	9 3,20% 7 2,49% 14 4,98%
7	Oksida besi lainnya:				
a	FeO.	9O2O		1	
)	(bentuk: <i>cubic,</i> kisi: <i>primitive</i>)	30,174(331)	30,140	0,35%	0,70%
b	Fe ₃ +O(OH)			1	3,56%
)	(bentuk: <i>orthorhombic,</i> kisi: <i>primitive</i>)	26,322(120)	26,340	10 3,56%	
	Fe+2Fe2+3O4 (bentuk: <i>cubic,</i>	53,391(422)	53,395	14 4,98%	

	c kisi: <i>face-centered</i>)	70,924(620)	70,960	1	5,33%
8	Fe(OH) ₃ (bentuk: <i>cubic</i>)	48,016(-) 50,458(400)		0,35%	
	Fe(OH) ₃	21,24 60,25 67,977			
9	NaBH ₄ (bentuk: <i>cubic</i> , kisi: <i>face-centered</i>)	20,456(002) 29,093(022)		12	4,27%
		34,210(113)	34,240	4,27%	
10	Fe ₂ B (bentuk: <i>tetragonal</i> , kisi : <i>body-centered</i>)	28,527 (110) 52,606(212)			
11	FeB <i>orthorhombic</i> (kisi: <i>primitive</i>)	54,879(130) 56,272(220)	56,285	12	4,27%
		72,720(022)	72,720	5	6,05%
				1,78%	
12	FeSO ₄	25,27			
13	H ₃ BO ₃ (<i>Anorthic, Primitive</i> , kisi: <i>Primitive</i>)	14,969(100) 18,493(011)		1	
		19,270(111) 21,084(111)	19,280	0,35%	
		26,843(211) 28,020(002)	26,821	9	3,20%
		29,511(121)	29,580	12	4,27%
		33,793(221)	33,732	11	3,91%
		36,535(201) 37,490(022)			
		40,276(210)		13	4,63%
		41,666(231)		11,73%	
14	BO ₄ (bentuk: <i>orthorhombic</i> , kisi: <i>End-centered</i>)	45,636(131) 60,099(202) 62,285(240) 78,453(312)	45,662	4,63%	

b) Tabel 2 Karakterisasi XRD sampel komposit Kitosan-Besi

No.	Nama Senyawa	JCPDS	2θ	Intensitas
1	Fe ⁰ atau besi bervalensi nol (bentuk: <i>cubic</i> , kisi: <i>body-centered</i>)	44,671(110) 65,018(200)	44,860 65,980	17 4
62	Fe ₃ O ₄ atau magnetit (bentuk: <i>cubic</i> , kisi: <i>face-centered</i>)	30,100(220)	30,138	20
			56,969	
		70,927(620)	22	
3.	α -Fe ₂ O ₃ atau hematit(bentuk: <i>rhombohedral</i> , kisi: <i>Rhombo-centered</i>)	39,373(006)		17,19%
		69,640(208)		
4	γ -Fe ₂ O ₃ atau maghemit(bentuk: <i>cubic</i> , kisi: <i>primitive</i>)	35,659(311) 68,314(610)		
		69,368(611)		
5	γ -Fe ₂ O ₃ atau maghemit(bentuk: <i>tetragonal</i> , kisi: <i>primitive</i>)	11,177(101) 16,619(112) 30,528(116) 53,852(212) 63,011(4012)) 71,882(2115)) 79,549(4412))	57,890	18
6	γ -FeO(OH) atau geotit (bentuk: <i>tetragonal</i> , kisi: <i>body-centered</i>)	26,881(130) 52,337(600)		7,03%
		70,081(701)		
7	Oksida besi lainnya:		38,947	10

	a	FeO.	9O2O		0,70%
	)	(bentuk:	<i>cubic,</i>		
		kisi:			
			<i>primitive)</i>		
	b	Fe3+O(OH)		3,91%	3,56%
	)	(bentuk:			
		<i>orthorhombic,</i>			
		kisi: <i>primitive)</i>			
	c	Fe+2Fe2+3O4			
	)	(bentuk:	<i>cubic,</i>	5,33%	
		kisi:	<i>face-</i>		
			<i>centered)</i>		
8		Fe(OH)3	(bentuk: <i>cubic)</i>	48,016(-) 50,458(400)	
		Fe(OH)3		21,24	
				60,25	32,435
				67,977	19
9		NaBH4	(bentuk: <i>cubic,</i> kisi: <i>face-centered)</i>	20,456(002) 29,093(022) 34,210(113)	
10		Fe2B	(bentuk: <i>tetragonal,</i> kisi : <i>body-centered)</i>	28,527 (110) 52,606(212)	71,827 13 12,50%
11		FeB	<i>orthorhombic</i> (kisi: <i>primitive)</i>	54,879(130) 56,272(220) 72,720(022)	
12		FeSO4		25,27	26,822 18
13		H3BO3	(bentuk: <i>Anorthic,</i> kisi: <i>Primitive)</i>	14,969(100) 18,493(011) 19,270(111) 21,084(111) 26,843(211) 28,020(002) 29,511(121) 33,793(221) 36,535(201) 37,490(022) 40,276(210) 41,666(231)	52,355 8 73,315 20 78,470 9 30,138 20
					45,636(131)

14	BO_4	(bentuk: <i>orthorhombic</i> , kisi: <i>End-centered</i>)	60,099(202) 62,285(240) 78,453(312)		7,81%
----	---------------	--	---	--	-------

c) Tabel 3 Karakterisasi XRD sampel komposit Besi-Cs/MMT

No.	Nama Senyawa	JCPDS	2θ	Intensitas
1	Fe^0 atau besi bervalensi nol (bentuk: <i>cubic</i> , kisi: <i>body-centered</i>)	44,671(110) 65,018(200)	44,703& 44,940 65,645	5 1 10
62	Fe_3O_4 atau magnetit (bentuk: <i>cubic</i> , kisi: <i>face-centered</i>)	30,100(220)	56,940	
3.	$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ atau hematit(bentuk: <i>rhombohedral</i> , kisi: <i>Rhombo-centered</i>)	39,373(006)	70,927(620)	6
4	$\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ atau maghemit(bentuk: <i>cubic</i> , kisi: <i>primitive</i>)	69,640(208)	66,845	14
5	$\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ atau maghemit(bentuk: <i>tetragonal</i> , kisi: <i>primitive</i>)	11,177(101) 16,619(112) 30,528(116) 53,852(212) 63,011(4012) 71,882(2115) 79,549(4412)	57,745 62,600 69,680 72,120	5 4 19 10
6	$\gamma\text{-FeO(OH)}$ atau geotit (bentuk: <i>tetragonal</i> , kisi: <i>body-centered</i>)	26,881(130) 52,337(600)	79,040	14
		70,081(701)		23,76%

7	Oksida lainnya:	besi			
	a FeO.	9O2O	57,395	38,830	17
	) (bentuk: <i>cubic</i> , kisi: <i>primitive</i>)		5		0,70%
	b Fe ₃ +O(OH)			8,25%	3,56%
	) (bentuk: <i>orthorhombic</i> , kisi: <i>primitive</i>)	69,365	3		
	c Fe+2Fe2+3O4	11,100	1		
	) (bentuk: <i>cubic</i> , kisi: <i>face- centered</i>)				5,33%
8	Fe(OH) ₃	(bentuk: <i>cubic</i>)	48,016(-) 50,458(400)		
	Fe(OH) ₃		21,24 60,25 67,977	32,400	10
9	NaBH ₄	(bentuk: <i>cubic</i> , kisi: <i>face- centered</i>)	20,456(002) 29,093(022) 34,210(113)	53,840 70,560	6 21
10	Fe ₂ B	(bentuk: tetragonal, kisi : <i>body-centered</i>)	28,527 (110) 52,606(212)	71,840	19
11	FeB	<i>orthorhombic</i> (kisi: <i>primitive</i>)	54,879(130) 56,272(220) 72,720(022)	16,940	10
12	FeSO ₄		25,27	26,880	1
13	H ₃ BO ₃	(bentuk: <i>Anorthic</i> , kisi: <i>Primitive</i>)	14,969(100) 18,493(011) 19,270(111) 21,084(111) 26,843(211) 28,020(002) 29,511(121) 33,793(221) 36,535(201) 37,490(022) 40,276(210)		3,63%

			41,666(231)	41,990	16
14	BO_4	(bentuk: <i>orthorhombic</i> , kisi: <i>End-centered</i>)	45,636(131) 60,099(202) 62,285(240) 78,453(312)		9,90%

Lampiran 3. Data Isoterm Adsorpsi MMT/Cs-Fe

$$\lambda_{\max} = 400 \text{ nm}$$

Massa MMT/Cs-Fe (gram)	Absorbansi	Rata-Rata Absorbansi	Konsentrasi (mg/L)
0,0025	0,012	0,011	1,022
	0,010		
0,0050	0,021	0,022	2,231
	0,024		
0,0100	0,025	0,027	2,780
	0,029		
0,0150	0,033	0,035	3,659
	0,037		
0,0200	0,047	0,050	5,307
	0,053		

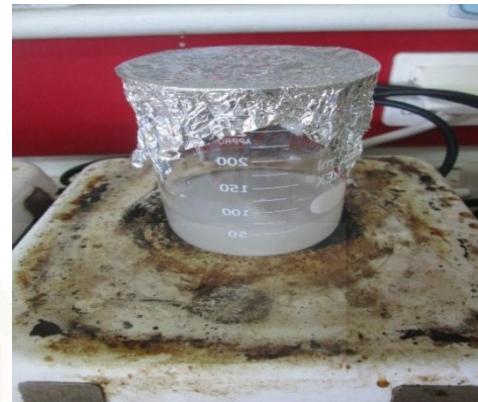
(Ce)ppm	V(L)	mass Absoben(g)	Qe	Ce/Qe	Ce(mg/L)
1,022	0,015	0,0025	1,32	3,974	1,022
2,231	0,015	0,0050	1,98	4,167	2,231
2,780	0,015	0,0100	2,63	3,699	2,780
3,659	0,015	0,0150	2,64	3,748	3,659
5,307	0,015	0,0200	3,95	0,156	5,307

Diperoleh grafik Langmur dengan nilai $R^2 = 0,765$

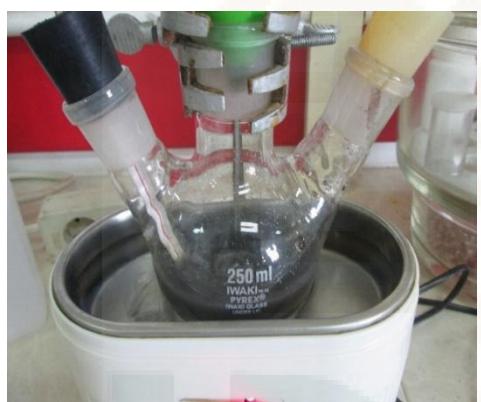
Diperoleh grafik Freundlich dengan nilai $R^2 = 0,9621$

Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian

Montmorillonit



Kitosan



Pengadukan Mekanik dan ultrasonik



Sapel Fe, Cs-Fe, dan MMT/Cs-Fe



Hasil reduksi menggunakan MMT/Cs-Fe



Perubahan MMT/Cs-Fe

CURRICULUM VITE



Nama : Kamilan
Tempat-Tanggal lahir : Ciamis- 09 September 1991
Alamat Asal : Kiara Bandung Rt/Rw 01/01 Ds. Sidarahayu – Kec. Purwadadi – Kab. Ciamis - Jawa Baratt
Alamat Sekarang : Demangan GK 1 no 238 Gondokusuman
Nomor HP : 085601596639
Email : Kamilan91@yahoo.com
Pendidikan Formal : 1. MI Kertajaya II Ciamis-Jawa Barat (1995-2003)
2. MTS Sidarahayu Ciamis-Jawa Barat (2004-2008)
3. SMAN 1 Mangunjaya Ciamis-Jawa Barat (2008-2010)
4. UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta (2011-2015)
Pengalaman Bekerja : 1. Asisten Praktikum (2013-2014)
2. Asisten Praktikum (2014-2015)