

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT
KAOLINIT-ZVI (*ZERO VALENT IRON*) SERTA
APLIKASINYA SEBAGAI ADSORBEN DAN PEREDUKSI
LOGAM Cr (VI)**

**Skripsi
Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana Kimia**



**Umi Kulsum
11630027**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
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 : Umi Kulsum

NIM : 11630027

Judul Skripsi : Sintesis dan Karakterisasi Komposit Kaolinit-ZVI (*Zero Valent Iron*) serta Aplikasinya Sebagai Adsorben dan Pereduksi 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 ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, 26 Mei 2015

Pembimbing,

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

NIP. 19820329 201101 1 005

Endaruji Sedyadi, M.Sc

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 : Umi Kulsum

NIM : 11630027

Judul Skripsi : Sintesis dan Karakterisasi Komposit Kaolinit-ZVI (*Zero Valent Iron*) serta Aplikasinya Sebagai Adsorben dan Pereduksi Logam Cr (VI)

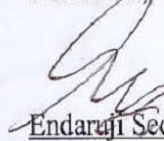
sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

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

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, 19 Juni 2015

Konsultan,



Endaruji Sedyadi, M.Sc.

Sudarlin, M.Si

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 : Umi Kulsum

NIM : 11630027

Judul Skripsi : Sintesis dan Karakterisasi Komposit Kaolinit-ZVI (*Zero Valent Iron*) serta Aplikasinya Sebagai Adsorben dan Pereduksi Logam Cr (VI)

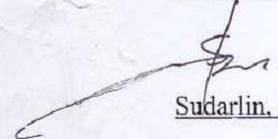
sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

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

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, 19 Juni 2015

Konsultan,



Sudarlin, M.Si.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Umi Kulsum
NIM : 11630027
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi

menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“Sintesis dan Karakterisasi Komposit Kaolinit-ZVI (*Zero Valent Iron*) serta Aplikasinya Sebagai Adsorben dan Pereduksi 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, 20 Mei 2015




Umi Kulsum
11630027



PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

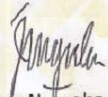
Nomor : UIN.02/D.ST/PP.01.1/1808/2015

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Sintesis dan Karakterisasi Komposit Kaolinit-ZVI (*Zero Valent Iron*) Serta Aplikasinya sebagai Adsorben dan Pereduksi Logam Cr(VI)

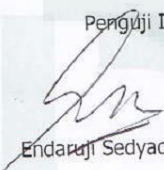
Yang dipersiapkan dan disusun oleh :
Nama : Umi Kulsum
NIM : 11630027
Telah dimunaqasyahkan pada : 19 Juni 2015
Nilai Munaqasyah : A
Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

TIM MUNAQASYAH :

Ketua Sidang


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


Penguji I

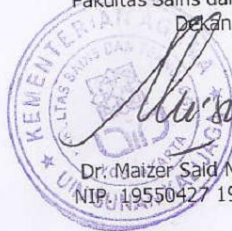

Endangaji Sedyadi, M.Sc.

Penguji II


Sudarlin, M.Si.

Yogyakarta, 23 Juni 2015
UIN Sunan Kalijaga
Fakultas Sains dan Teknologi
Dekan


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



HALAMAN MOTTO

*Saya Ada Karena Saya Berfikir
(Prof. Utoro Yahya)*

*Mintalah Pertolongan Kepada **KU** dengan **Sabar** dan
Sholat. Sesungguhnya Kedua hal itu Sangat Berat Kecuali
bagi Orang-Orang yang **Khusu'** (25 Al-Baqarah)*

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan kepada kedua orang tua saya dan untuk almamaterku Prodi Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.



KATA PENGANTAR

Segala puji bagi *Rabbul'alamin* yang telah memberi kesempatan dan kekuatan sehingga skripsi yang berjudul **Sintesis dan Karakterisasi Komposit Kaolinit-ZVI (Zero Valent Iron) serta Aplikasinya Sebagai Adsorben dan Pereduksi Logam Cr (VI)** ini dapat diselesaikan sebagai salah satu persyaratan mencapai derajat Sarjana Kimia.

Penyusun mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dorongan, semangat, dan ide-ide kreatif sehingga tahap demi tahap penyusunan skripsi ini telah selesai. Ucapan terima kasih tersebut secara khusus disampaikan kepada:

1. Ibu Dr. Maizer Said Nahdi., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si., selaku Ketua Jurusan Kimia yang telah memberikan motivasi dan pengarahan selama studi.
3. Bapak Irwan Nugraha, S.Si., M.Sc., selaku pembimbing skripsi yang secara ikhlas dan sabar telah meluangkan waktunya untuk membimbing, mengarahkan, dan memotivasi penyusun dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
4. Seluruh dosen Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta, terima kasih atas ilmu yang diberikan selama ini.
5. Bapak dan Ibu saya yang setiap malam menasehati dan mendoakan saya.

6. Teman-teman kimia UIN Sunan Kalijaga angkatan 2011 atas saran dan bantuannya.
7. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu atas bantuannya dalam penyelesaian skripsi ini.

Demi kesempurnaan skripsi ini, kritik dan saran sangat penulis harapkan. Penulis berharap skripsi ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan secara umum dan kimia secara khusus.

Yogyakarta, 20 Mei 2015

Umi Kulsum
11630027

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN NOTA DINAS KONSULTAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
HALAMAN MOTTO	
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
ABSTRAK	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Batasan Masalah	4
C. Rumusan Masalah.....	4
D. Tujuan Penelitian.....	5
E. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	
A. Tinjauan Pustaka	6
B. Landasan Teori.....	9
1. Kaolin	9
2. <i>Nano Zero Valent Iron (nZVI)</i>	12
3. Adsorpsi dan Reduksi.....	13
4. Logam Cr(VI).....	16
5. <i>X-ray Diffraction (XRD)</i>	17
6. <i>Fourier Transform Infra Red (FTIR)</i>	20
7. <i>Gas Adsorption Analyzer (GSA)</i>	24
8. Spektroskopi Serapan Atom (SSA).....	29
9. Spektrofotometer UV-Vis	31
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	34
B. Alat-alat Penelitian.....	34
C. Bahan-bahan Penelitian.....	34

D. Cara Kerja Penelitian	35
1. Preparasi Kaolin	35
2. Sintesis <i>Zero Valent Iron</i> (ZVI)	35
3. Sintesis Kaolinit-ZVI	36
4. Adsorpsi dan Reduksi Cr(VI).....	36
E. Prinsip Kerja.....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Purifikasi Lempung Alam.....	39
B. Karakterisasi Lempung Alam dengan FTIR dan XRD	40
1. Karakterisasi Lempung Alam Menggunakan FTIR	40
2. Karakterisasi Lempung Alam Menggunakan XRD	42
C. Sintesis ZVI dan Kaolinit-ZVI.....	44
D. Karakterisasi ZVI dan Kaolinit-ZVI Menggunakan FTIR	45
E. Karakterisasi Besi Oksida dan Kaolinit-Besi Oksida Menggunakan XRD	49
F. Karakterisasi Besi Oksida dan Kaolinit-Besi Oksida Menggunakan GSA	55
G. Aplikasi Kaolinit, Besi Oksida, dan Kaolinit-Besi Oksida Pada Cr ⁶⁺	61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	64
B. Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN.....	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur kaolinit.....	10
Gambar 2.2 Model struktur lapisan 1:1.....	10
Gambar 2.3 Struktur <i>phyllosilicate</i>	11
Gambar 2.4 Difraksi atom dengan sinar-X	18
Gambar 2.5 Orientasi OH pada permukaan oktahedral dalam kaolinit	20
Gambar 2.6 Vibrasi regangan antar atom	23
Gambar 2.7 Jenis-jenis vibrasi bengkokan antar atom.....	24
Gambar 2.8 Tipe isoterm berdasarkan BDDT	28
Gambar 2.9 Bentuk kurva histerisis berdasarkan IUPAC	28
Gambar 2.10 Prinsip kerja cahaya yang terabsorpsi	31
Gambar 4.1 Spektra FTIR lempung alam	40
Gambar 4.2 Difraktogram lempung alam	43
Gambar 4.3 Spektra FTIR besi oksida dan kaolinit-besi oksida.....	47
Gambar 4.4 Difraktogram besi oksida dan kaolinit-besi oksida.....	53
Gambar 4.5 Isoterm adsorpsi-desorpsi N ₂ pada kaolinit.....	57
Gambar 4.6 Isoterm adsorpsi-desorpsi N ₂ pada kaolinit-besi oksida	58
Gambar 4.7 Grafik distribusi ukuran pori kaolin dan kaolinit-besi oksida.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Interpretasi FTIR kaolin, kaolinit-besi oksida, dan besi oksida	48
Tabel 4.2 Intensitas fraksi-fraksi penyusun kaolin, kaolinit-besi oksida, dan besi oksida.....	50
Tabel 4.3 Puncak refleksi utama kaolin, kaolinit-besi oksida, dan besi, oksida.....	44
Tabel 4.4 Luas permukaan spesifik, volume total pori, dan rerata jari pori dari kaolin dan kaolinit-besi oksida.....	55
Tabel 4.5 Persentase distribusi ukuran pori kaolinit dan kaolinit-besi oksida	58
Tabel 4.5 Remediasi Cr menggunakan kaolinit, kaolinit-besi oksida, dan besi oksida	63

ABSTRAK

SINTESIS DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT KAOLINIT-ZVI (*ZERO VALENT IRON*) SERTA APLIKASINYA SEBAGAI ADSORBEN DAN PEREDUKSI LOGAM Cr (VI)

Oleh:

Umi Kulsum

11630027

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

Komposit kaolinit-ZVI (*Zero Valent Iron*) sebagai adsorben dan pereduksi logam berat Cr(VI) telah disintesis menggunakan metode reduksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik kaolinit, kaolinit-ZVI, dan ZVI serta mengetahui kinerja dari ketiga material tersebut dalam meremidiasi logam berat Cr(VI). Kaolin yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Indonesia. Komposit kaolinit-ZVI disintesis menggunakan perbandingan Fe(III):BH₄⁻ sebesar 1:9 dan ZVI disintesis dengan perbandingan Fe(III):BH₄⁻ sebesar 1:2.

Hasil analisis kualitatif menggunakan FTIR dan XRD pada kaolinit-ZVI menunjukkan bahwa fraksi kaolinit yang dimodifikasi dengan ZVI mengalami destruksi. Berdasarkan hasil analisis kuantitatif menggunakan XRD diketahui bahwa Fe yang terbentuk pada kaolinit-ZVI dan ZVI berturut-turut sebesar 1,60 % dan 3,18 %, senyawa besi-besi oksida seperti maghemit dan magnetit lebih mendominasi pada kedua sampel tersebut. Sedikitnya intensitas Fe pada kedua sampel menjadikan Fe tidak terlalu berpengaruh, yang mempengaruhi karakteristik dan aktivitas dari kedua sampel yaitu kaolinit dan besi oksida. Hasil analisis menggunakan GSA menunjukkan luas permukaan spesifik kaolin, kaolinit-besi oksida, dan besi oksida berturut-turut sebesar 13,29; 58,37; dan 40,99 m²/g. Modifikasi kaolinit dengan besi oksida juga menyebabkan meningkatkan volume pori dan menurunkan rerata jari pori. Kaolin, kaolinit-besi oksida, dan besi oksida diuji untuk meremidiasi logam berat Cr(VI). Pada proses aplikasi ini diketahui ketiga material tersebut dapat mengadsorpsi logam berat Cr(VI) sebesar sebesar 39,87; 70,65; dan 132,90 mg/L. Selain itu Fe pada besi oksida mampu mereduksi logam Cr(VI) menjadi Cr(III), jumlah logam Cr(III) yang tereduksi adalah sebesar 3.2 ppm

Kata kunci: Kaolin, ZVI, destruksi, modifikasi, dan remidiasi

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia mempunyai sumber daya alam mineral dengan jumlah yang besar. Salah satu mineral alam yang banyak ditemui di Indonesia adalah lempung dan mineral lempung. Mineral lempung merupakan salah satu kekayaan Indonesia yang berlimpah dan belum dimanfaatkan secara optimal. Mineral lempung, secara geologis adalah mineral alam dari keluarga silikat yang berbentuk kristal dengan struktur berlapis (Karna *et al.*, 2002).

Berdasarkan kandungan mineralnya, lempung di Indonesia dibedakan menjadi montmorilonit, kaolin, illit, halosit, dan klorit. Kaolin merupakan salah satu mineral lempung yang melimpah di Indonesia terutama di daerah Kalimantan Barat, Kalimantan Selatan, Pulau Bangka Belitung, Pulau Sumatera, Pulau Jawa, dan Sulawesi Utara. Menurut Murray (2000), pemanfaatan kaolin sebagian besar untuk industri kertas (45%), refraktori dan keramik (31%), *fiberglass* (6%), semen (6%), karet dan plastik (5%), cat (3%), dan lain sebagainya (4%). Pemanfaatan kaolin dalam mengatasi pencemaran lingkungan belum banyak diteliti. Mineral kaolin terbentuk melalui proses pelapukan dan proses hidrotermal alterasi pada batuan beku felspartik dan mika.

Sifat dan struktur lempung dapat berperan sebagai adsorben yang unggul. Lempung tersusun secara berlapis dengan ruang-ruang antar lapis dan setiap lapisan

dapat bersifat netral atau bermuatan listrik. Lempung memiliki luas permukaan spesifik yang tinggi dan stabil secara kimia dan mekanik. Selain itu, lempung mempunyai sifat dan struktur permukaan yang bervariasi serta memiliki kapasitas pertukaran ion yang tinggi. Asam-asam Bronsted dan Lewis pada permukaan lempung juga menambah kapasitas adsorpsinya (Bhattacharyya *et al.*, 2008).

Kaolin merupakan salah satu fraksi lempung yang belum banyak digunakan dalam mengatasi pencemaran lingkungan. Hal tersebut dikarenakan kaolin mempunyai nilai kapasitas tukar kation (KTK) yang relatif rendah (3-15 meq/100 g) serta luas permukaan spesifik yang relatif kecil, yaitu tidak lebih dari 20 m²/g (Konta, 1995). Oleh sebab itu kaolin perlu dimodifikasi untuk mengoptimalkan kinerjanya. Salah satu cara memodifikasi kaolin yaitu dengan cara mengkomposikannya dengan ZVI (*Zero Valent Iron*).

Pada akhir dekade ini, ZVI dengan skala nano banyak dicoba untuk meremediasi tanah dan perairan. Material ini mendapatkan banyak perhatian berkaitan dengan kemampuannya dalam mendegradasi polutan lingkungan secara efisien (Chang *et al.*, 2009). Selain itu, nZVI ini dapat disintesis dengan biaya yang terjangkau. Nano partikel *Zero Valent Iron* dipresentasikan menjadi generasi baru dalam strategi remediasi lingkungan. Material tersebut dianggap merupakan pilihan baru untuk mengatasi kontaminasi tanah dan perairan yang target utamanya berupa klorinasi, kontaminan organik, dan ion anorganik atau logam (Fajardo *et al.*, 2012; Mueller *et al.*, 2012).

Metode yang sering digunakan untuk mengatasi pencemaran logam berat adalah metode adsorpsi. Seperti yang telah dilaporkan oleh Jiang *et al.*, (2010) kaolin dapat dijadikan adsorben logam berat. Akan tetapi metode ini mempunyai kelemahan yaitu logam yang teradsorp hanya terikat pada adsorben tanpa berkurang sifat toksisitasnya dan karsinogeniknya. Oleh karena itu, metode adsorpsi logam berat dengan adsorben ini berpotensi mencemari lingkungan kembali.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengatasi kelemahan kaolin sebagai adsorben adalah dengan memodifikasinya menggunakan kaolin dengan ZVI (*Zero Valent Iron*). Modifikasi ini diperlukan karena ZVI akan teraglomerasi dan kurang stabil apabila diaplikasikan langsung untuk mereduksi logam berat, untuk mengatasi kelemahan ZVI diperlukan material pengemban. Kaolin merupakan material pengemban yang cocok karena kaolin merupakan material tidak bermuatan dan pori-pori pada kaolin dapat digunakan untuk imobilisasi ZVI. Selain itu, modifikasi kaolin dengan ZVI juga berfungsi meningkatkan reaktivitas dari ZVI sebagai agen reduktornya (Xin *et al.*, 2011).

Berdasarkan tinjauan, perlu dilakukan penelitian mengenai modifikasi kaolinit dengan ZVI untuk meningkatkan kemampuan kaolinit dalam remediasi polutan. Metode yang digunakan untuk mensintesis kaolinit-ZVI, yaitu mereduksi larutan besi(III) yang tercampur dengan kaolinit. Sintesis dengan menggunakan metode reduksi mudah dilakukan dan proses reaksinya lebih homogen apabila dibandingkan menggunakan metode pemanasan campuran besi oksida dengan karbon dan bubuk kapur (Hoon *et al.*, 2011). Reduktor yang digunakan adalah NaBH_4 , karena reduktor

tersebut merupakan reduktor yang paling kuat diantara reduktor-reduktor yang lain seperti $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$.

B. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Kaolin yang digunakan berasal dari Indonesia.
2. Metode sintesis kaolinit-ZVI dan ZVI yang digunakan adalah metode reduksi.
3. Hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan *Difraktometer sinar-X* (XRD), *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), dan *Gas Sorption Analyzer* (GSA).
4. Pengukuran jumlah logam Cr(VI) yang teradsorp menggunakan instrumen Spektroskopi Serapan Atom (SSA) dan pengukuran jumlah logam Cr(III) yang berhasil tereduksi menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

C. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana gugus fungsi dan fasa kristalin pada kaolinit-ZVI, kaolin, dan ZVI serta bagaimana interaksi kaolinit dengan ZVI?
2. Bagaimana perubahan luas permukaan dan porositas kaolinit setelah dimodifikasi dengan ZVI?
3. Bagaimana kinerja kaolinit-ZVI, kaolin, dan ZVI dalam mengadsorpsi logam Cr (VI) serta kinerja ZVI dalam mereduksi logam Cr(VI)?

D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui gugus fungsi dan fasa kristalin pada kaolinit-ZVI, kaolin, dan ZVI serta interaksi kaolinit dengan ZVI.
2. Mengetahui perubahan luas permukaan dan porositas kaolinit setelah dimodifikasi dengan ZVI.
3. Mengetahui kinerja kaolinit-ZVI, kaolin, dan ZVI dalam mengadsorpsi logam Cr (VI) serta kinerja ZVI dalam mereduksi logam Cr(VI).

E. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai metode sintesis kaolinit-ZVI dan ZVI serta karakteristiknya.
2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif penanganan limbah yang dihasilkan oleh berbagai industri khususnya bagi industri yang menghasilkan limbah yang mengandung logam berat Cr (VI).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Kaolinit yang dimodifikasi dengan ZVI menyebabkan hampir semua gugus Si-O pada kaolinit terdestruksi. Selain itu, puncak difraksi utama pada mineral kaolinit tidak mengalami pergeseran yang signifikan, tetapi intensitas kaolinit mengalami penurunan. Hasil karakterisasi menunjukkan ZVI dan besi oksida berinteraksi secara fisik dengan kaolinit.
2. Modifikasi kaolinit dengan ZVI dan besi oksida menyebabkan luas permukaan spesifik dan volume total pori meningkat. Akan tetapi, rerata jari pori turun. Luas permukaan kaolinit-besi oksida paling besar diantara besi oksida dan kaolinit.
3. Kaolin, kaolinit-besi oksida, dan besi oksida dapat meremidiasi logam berat Cr(VI) berturut-turut sebesar 39,87; 70,65; dan 132,90 mg/L. Selain itu, ZVI mampu mereduksi logam Cr(VI) menjadi Cr(III). Jumlah logam Cr(III) yang tereduksi adalah sebesar 3,2 mg/L.

B. Saran

1. Perlu dilakukan aktivasi kaolin sebelum dimodifikasi dengan ZVI agar kinerja dari kaolin lebih meningkat.
2. Perlu dikarakterisasi dengan TEM pada kaolinit, kaolinit-ZVI, dan ZVI untuk mengetahui ukuran partikel dari ketiga material tersebut.
3. Perlu dilakukan variasi pH, waktu kontak, dan massa adsoben pada saat diaplikasikan dengan kaolin, kaolinit-ZVI, dan ZVI.

DAFTAR PUSTAKA

- Alberty, R.A., dan Daniels, F., penerjemah N.M Surdia. 1992. Kimia Fisika Edisi Kelima. Erlangga. Jakarta
- Asminar. 2007. Analisis Unsur-Unsur Pengotor dalam Uranium Logam Secara Spektrofotometri Serapan Atom. *Hasil-hasil Penelitian EBN*. 0854-5561
- Atkins, P.W. 1990. Physical Chemistry. *Oxford University Press*. London
- Benco, L., Tunega, D., Hafner, J., dan Lischka, H. 2001. Orientation of OH groups in kaolinite and dickite: ab initio molecular dynamics study. *American Mineralogist*. 86, 1057–1065.
- Bergaya, F., Thaeng, B.K.G., dan Lagally, G. 2006. Handbook of Clay Science. *Elsevier*. 1572-4352
- Bhattacharyya, K.G., dan Gupta, S.S. 2008. Influence of Acid Activation on Adsorption of Ni(II) and Cu(II) on Kaolinite and Montmorillonite: Kinetic and thermodynamic study. *Chemical Engineering Journal*. 136:1-13
- Bish, D.L. 1993. Rietveld Refinement Of The Kaolinite Structure at 1.5 K. *Clays and Clay Minerals*. 41, 738–744.
- Blowes, D.W., Ptacek, C.J., Benner, S.G., Mcrae, C.W.T., Bennett, T.A., dan Puls, R.W. 2000. Treatment of Inorganic Contaminants Using Permeable Reactive Barriers. *Journal of Contamination Hydrology*. 45, 123–37.
- Cahyady, B. 2009. Studi Tentang Kesensitifan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Teknik *Vapour Hydride Generation Accessories* (VHGA) Dibandingkan dengan SSA Nyala Padas analisis Unsur Arsen yang Terdapat Pada Air Minum.
- Callister, W.D., dan Rethwisch, D.G. 2007. *Materials Science and Engineering An Introduction* Seventh Edition. John Wiley and Sons Inc. 978-0-0471-73696-7
- Carlos, L., Garcia, F.S.E., Gonzales, M.C., dan Martire, D.O. 2013. Applications of Magnetite Nanoparticles for Heavy Metal from Wastewater. *Intech*. 56, 776-876.
- Chang, M.C., dan Kang, H.Y. 2009. Remediation of Pyrene-Contaminated Soil by Synthesized Nanoscale Zero-Valent Iron Particles. *J. Environ. Sci. Health*. 44, 576–582.
- Dickinson, M., dan Scott, T.B. 2010. The Application Of Zero Valent Iron Nanoparticles for The Remediation of a Uranium-Contaminated Waste Effluent. *Journal of Hazardous Materials*. 178, 171-179.
- Dombrowski, T. 2000. The Origin of Kaolinite. Implication for utilization. In; Carty, W.M., Sinton, C.W. (Eds.), Science of white wares II. *American Ceramic Society*.

- Ekosse, E., dan George. 2005. Fourier Transform Infrared Spectrophotometry and X-Ray Powder Diffractometry as Complementary Techniques in Characterizing Clay Size Fraction of Kaolin. *J.Appl.Sci.Environ.* Vol.9(2)43-48
- Fajardo, C., Ortíz, L.T., Rodríguez, M., Nande, M., Lobo, M.C., dan Martin, M. 2012. Assessing the Impact of Zero-Valent Iron (ZVI) Nanotechnology on Soil Microbial Structure and Functionality: a Molecular Approach. *Chemosphere* 86,802–808.
- Fatimah, I. 2014. Adsorpsi dan Katalis Menggunakan Material Berbasis Clay. Graha Ilmu: Yogyakarta.
- Flanigen, E.E., Khatami, H., dan Szymanski, H.A. 1971. Infrared Structural Studies of Zeolite Framework Molecule Sieve Zeolite I. *American Society Adv. In Chemistry Series No. 10, Washington.* 291-297
- Ginting, I., Hermawan, S., dan Eney, T. 2005. Pembuatan Perangkat Lunak Analisis Kualitatif Difraksi Sinar-X dengan Metode Hanawalt. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknik Nuklir . Bandung.
- Giudici, R. 1999. Synthesis, Dealumination, And Adsorption Behavior of Modernite Extrudates. *Swiss Federal Institute of Technology Zurich.* Zurich
- Grace Tj. Sulungbudi, Mujamilah., dan Handayani, A. 2012. Sintesis Nanopartikel Magnetik Core/Shell Fe/Oksida Fe dengan Metode Reduksi Kimia. Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN-BATAN).
- Guinebrière., R. 2006. X-ray Diffraction by Polycrystalline Materials. *ISTE USA 4308 Patrice Road Newport Beach, CA 92663 USA.*
- Hasnah, S.D., dan Ridwan. 2012. Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Fe_3O_4 Magnetik Untuk Adsorpsi Kromium Heksavalen. *Jurnal Sains Materi Indonesia.* 1411-1098
- Hobbs, J.D., Cygan, R.T., Nagy, K.L., Schultz, P.A., dan Sears, M.P. 1997. All-atom ab initio Energy Minimization of the Kaolinite Crystal Structure. *American Mineralogist.*, 82, 657–662.
- Holmberg, B.A., Wang, H., dan Yan, Y. 2004. High Silica Zeolite Y Nanocrystal by Dealumination and Direct Synthesis. *Microporous and Mesoporous Materials.*, 189-198.
- Jiang, M.Q., Jin, X.Y., Lu, X.Q., dan Chen, Z.L. 2010. Adsorption of Pb(II), Cd(II), Ni(II) and Cu(II) onto Natural Kaolinite Clay. *Desalination.* 252, 33e39.
- Karna, W., dan Tahir, I. 2002. *Sintesis Lempung Terpillar Cr_2O_3 dan pemanfaatannya Sebagai Inang Senyawa p-Nitroanilin.* Universitas Gajah Mada. Yogyakarta,
- Khopkar, S. M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik.* UII-Press. Yogyakarta.

- Kim, H.j., Phenrat, T., Tilton, R.D., dan Lowry, G.V. 2012. Effect of Kaolinite, Silica Fines and pH on Transport of Polymer-Modified Zero Valent Iron Nanoparticles in Heterogeneous Porous Media.
- Konta, J. 1995. Clay and Man: Clay Row Materials in The Service of Man. *Appl. Clay Sci.*
- Lagaly, G. 2006. Colloid Clay Science, dalam: Handbook of Clay Science, Development in Clay Science, vol.1. Eds. Bergaya, F., Theng, B.K.G., and Lagaly, G., *Elsevier*. Netherlands.
- Lenore, S., dan Clesceri. 1998. "Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water", 20th Edition. Metode 5220 D (Closed Reflux, Colorimetric Method).
- Li, X.; dan Zhang, W. 2007. Sequestration of Metal Cations with Zerovalent Iron Nanoparticles A Study with High Resolution X-ray Photoelectron Spectroscopy (HR-XPS). *Journal of Physical Chemistry*. 111(19):6939-6946.
- Lowell, S., dan Shields, J.E. 1984. *Powder Surface Area and Porosity*. Second Edition. Chapman and Hall Ltd. London.
- Lowell, S.; Joan E. Shields, Martin A. Thomas, dan Matthias Thommes. 2004. *Characterization of Porous Solids and Powders: Surface Area, Pore Size and Density*. Springer Science+Business Media, Llc.
- Maine, M.A., Suñé, N.L., dan Lager, S.C., 2004. *Chromium Bioaccumulation: Comparison of the Capacity of Two Floating Aquatic Macrophytes*. *Water Res.* 38, 1494e1501.
- Mueller, N., Braun, J., Bruns, J., Černík, M., Rissing, P., Rickerby, D., dan Nowack, B. 2012. Application of Nanoscale Zero Valent Iron (nZVI) for Groundwater Remediation in Europe. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 19, 550–558.
- Mujamilah., Grace, Tj., Widan Z.L., dan Salim A.A. 2012. Modifikasi Sintesis dan Peningkatan Karakteristik Magnetik Nanopartikel Core/Shell Fe/Oksid Fe Hasil Reaksi Reduksi Borohidrida. Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN)-BATAN.
- Murray, H.H. 2000. Traditional and New Applications for Kaolin, Smectite, and Polygonskita: A general overview. *Appl. Clay Sci.* 34: 39-49.
- Murray, H.H. 2004. Structural variations in some kaolinites in relation to dehydrated halloysite. *American Mineralogist*. 39, 97–108
- Murray, H.H. 2007. *Applied Clay Mineralogy*. Durham: *Duke University Press*.
- Neder, R.B., Burghammer, M., Grasl, Th., Schulz, H., Bram, A., dan Fiedler, S. 1999. Refinement of the kaolinite structure from single-crystal synchrotron data. *Clays and Clay Minerals*. 47, 487–494.

- Noor, I. 2010. Isolasi dan Karakterisasi β -Glukan Dari Tubuh Buah Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) dengan Metode Spektrofotometer UV-Visibel dan FTIR. UIN Syarif Hidayatullah.
- Osick, J. 1982. Adsorption. *John Wiley and Sons*. New York
- Palar, Heryando. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Panturu, R.L., Jinescu G., Panturu E., Filcenco-Olteanu A., dan Radulescu R. 2010. Synthesis and Characterization of Zero Valent Iron Intended to be Used For Decontamination Of Radioactive Water. *U.P.B.Sci. Bull.* 72, 1454-2331.
- Railsback, L.B. 2006. Some Fundamentals of Mineralogy and Geochemistry. Department of Geolog, Univrsity of Georgia.
- Rodiansono., Aryantie, R., dan Abdullah. 2008. Intercalation of Olygomer of Hidroxyl-Chromium Into Natural Kaolinite. University of Lambung Mangkurat.
- Ryu, Z., Zheng, J., Wang, M., dan Zhang, B. 1999. Characterization of Pore Size Distributions on Carbonaceous Adsorbents by DFT. *Carbon.* 37 1257-1264
- Sastrohamidjojo, H. 2007. Spektroskopi. Liberty. Yogyakarta., 45
- Selvaraj, M., dan Lee.T.G. 2005. t-Butylation of Toluena with t-buthyl Alcohol Over Mesoporous Zn-Al-MCM-42 Molecular Sieve. *Microporous and Mesoporous Materials.* 85, 59-74
- Shi, L., Lin, Y., Zhang, X., dan Chen, Z. 2011. Synthesis, Characterization and Kinetics of Bentonite Supported nZVI for The Removal of Cr(VI) from Aqueous Solution. *Chemical Engineering Journal.* 171 612-617
- Smalman, R. E. 1991. *Metalurgi Fisik Modern*. Jakarta: Gramedia.
- Sudjadi. 1985. *Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Ghalia Indonesia. Jakarta
- Sun, Y.P., Li, X.Q., Cao, J.S., Zhang, W.X., dan Wang, H.P., 2006. Characterization of zero-valent iron nanoparticles. *Adv.Colloid Interface Sci.* 120, 47e56
- Sunardi. 2010. The Study of FTIR, XRD and SEM of Natural Kaolin From Tatakan, South Kalimantan After Purification Process by Sedimentation Methods. *Universitas Lambung Mangkurat*
- Tan, K.H. 1995. *Dasar-Dasar Kimia Tanah*, Edisi 4, Gadjah Mada University Press., Yogyakarta
- Uenosono, S., Sonobe, A., dan Sugihara, H. 2005. Method for Producing Sponge Iron, and Reduced Iron Powder and Method for Production Thereof. *United States Patent.* US6918945B2.
- Underwood., Day. 1999. Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam. Erlangga. Jakarta.
- Üzüm, Ç., Shahwan, T., Eroğlu, A.E., Hallam, K.R., Scott, T.B., dan Lieberwirth, I. 2009. Synthesis and Characterization of Kaolinite-Supported Zero-Valent Iron

Nanoparticles and Their Application for The Removal of Aqueous Cu^{2+} and Co^{2+} Ions. *Applied Clay Science*. 43 172–181

- Wang, J., Liu, G., Zhou, C., Li, T., dan Liu, J. 2014. Synthesis, Characterization and Aging Study of Kaolinite-Supported Zero Valent Iron Nanoparticles and its application for Ni(II) Adsorption. *Material Research Buletin*. 60 421-431.
- Wang, W., Liu, P., Zhang, M., Hu, J., dan Xing, F. 2012. *The Pore Structure of Phosphoaluminate Cement*. Guangdong Provincial Key Labroratory of Durability for Marine Civil Engineering, Shenzen University
- Watson., dan David, G. 2005. *Pharmaceutical Analysis: a Text Book Pharmacy Students and Pharmaceutical Chemist*. Elsevier. United Kingdom
- Xin, Z., Shen, L., Zuliang, C., Mallavarapu, M., Ravendra, dan Naidu. 2011. Kaolinite-Supported Nanoscale Zero-Valent Iron for Removal of Pb^{2+} from Aqueous Solution: Reactivity, Characterization and Mechanism. *Water research*. 45 3481e3488
- Zhang, X., Lin, S., Lu, X.Q., dan Chen, Z.L., 2010. Removal of Pb(II) from Water Using Natural Kaolin Loaded with Synthesized Nanoscale Zero-Valent Iron. *Chem. Eng. J.*163, 243e248
- Zhang, Y.Y., Jiang, H., Zhang, J., dan Xie, J.F. 2013. The Dispersity-Dependent Interaction Between Montmorillonite Supported nZVI and Cr(VI) in Aqueous Solution. *Chemical Engineering Journal*. 229 412–419
- Zhengxian, C., Wang, T., Jin X., Chen, Z.,Megharaj, dan Naidu, R. 2013. Multifunctional kaolinite-supported nanoscale zero-valent iron used for the adsorption and degradation of crystal violet in aqueous solution. *Journal of Colloid and Interface Science*. 398 59–66.
- Zhu, H., Jia, Y., Wu, X., dan Wang, H. 2009. Removal of Arsenic from Water by Supported Nano Zero-Valent Iron on Activated Carbon. *Journal of Hazardous Materials*. 172, 1591-1596

LAMPIRAN

A. Pengukuran Intensitas Senyawa dengan XRD

1. Kaolin

a. Kaolinit

No.	2 Theta	2 Theta teoritis	Intensitas (counts)
1	11.78	11.95	38
2	12.42	12.34	613
3	20.03	20.16	163
4	21.30	21.22	84
5	21.54	21.46	71
6	23.14	23.12	132
7	24.97	24.87	493
8	26.61	26.74	308
9	35.54	35.64	127
10	35.86	35.99	61
11	38.36	38.35	104
12	38.54	38.50	167
13	43.28	43.22	191
14	43.67	43.50	63
15	45.38	45.41	45
16	45.56	45.65	60
17	47.25	47.31	82
18	47.62	47.71	208
19	48.62	48.69	199
20	51.10	51.05	39
21	54.43	54.31	36
22	55.02	55.01	46
23	55.46	55.48	49
24	55.73	55.74	52
25	62.52	62.36	65
Total			3496

b. Muscovit

No	2 Theta	2 Theta teoritis	Intensitas (counts)
1	8.95	8.75	36
2	20.48	20.41	147
3	24.54	24.31	42
4	34.64	34.74	53
5	36.07	36.68	299

No	2 Theta	2 Theta teoritis	Intensitas (counts)
6	37.80	37.79	54
7	22.90	22.92	34
Total			665

c. Kalsit

No.	2 Theta	2 Theta teoritis	Intensitas (counts)
1	29.51	29.40	1112
2	56.68	56.56	68
3	57.52	57.39	115
4	60.80	60.99	55
5	64.77	64.65	68
6	65.71	65.61	36
Total			1454

d. Dolomit

No.	2 Theta	2 Theta teoritis	Intensitas (counts)
1	22.54	22.04	100
2	35.10	35.35	139
3	62.32	62.05	86
4	51.52	51.32	37
5	35.28	35.35	90
Total			452

e. Kuarsa

No.	2 Theta	2 Theta teoritis	Intensitas (counts)
1	20.92	20.83	100
2	36.30	36.52	34
3	39.51	39.44	281
4	45.82	45.78	46
5	50.24	50.16	36
6	55.26	55.33	49
7	67.86	65.80	44
Total			590

Senyawa-senyawa pada kaolin

Senyawa	Intensitas (Counts)	Intensitas (%)
Kaolinit	3496	52.51%
Muscovit	665	9.98%
Kalsit	1454	21.84%
Dolomit	452	6.78%

Senyawa	Intensitas (Counts)	Intensitas (%)
Kuarsa	590	8.86%
Total	6657	100

2. Kaolinit-Besi Oksida

a. Kaolin

No	2 Theta	2 Theta teoritis	Intensitas (counts)
1	12.42	12.34	212
2	20.40	20.34	52
3	24.99	24.87	170
4	28.39	28.28	7
5	35.08	35.15	43
6	35.86	35.99	31
7	37.68	37.71	10
8	38.54	38.50	37
9	39.30	39.29	16
10	45.92	45.97	11
11	55.18	55.01	26
12	55.56	55.48	16
13	55.90	55.74	10
14	58.54	58.73	10
15	60.24	60.20	6
16	61.55	61.62	7
Total			664

b. Fe

No	2 Theta	2 Theta teoritis	Intensitas (counts)
1	45.03	44.67	20

c. FeO

No	2 Theta	2 Theta teoritis	Intensitas (counts)
1	9.05	9.68	17
2	13.57	13.71	11
3	16.87	16.82	6
4	29.04	29.35	8
5	65.55	65.46	9
6	66.80	66.80	9
Total			60

d. FeO(OH)

No	2 Theta	2 Theta teoritis	Intensitas (counts)
1	23.97	23.99	11
2	52.72	52.34	7
3	64.76	65.71	9
4	70.01	70.08	6
5	77.23	77.17	10
Total			43

e. Fe₂O₃ (Hematit)

No.	2 Theta	2 Theta teoritis	Intensitas (counts)
1	40.86	40.85	12
2	49.52	49.55	10
3	62.42	62.53	27
4	72.19	72.26	10
Total			59

f. Fe₂O₃ (Maghemit)

No.	2 Theta	2 Theta teoritis	Intensitas (counts)
1	11.28	11.17	58
2	15.17	15.00	8
3	21.44	21.41	33
4	26.10	26.18	7
5	32.29	32.17	9
6	33.81	33.95	7
7	35.86	35.74	31
8	50.91	50.82	9
9	62.42	62.53	27
10	68.28	68.31	12
11	71.72	71.88	8
12	76.45	76.51	14
Total			223

g. Fe₃O₄

No	2 Theta	2 Theta teoritis	Intensitas (counts)
1	18.11	18.26	17
2	47.26	47.27	11
3	53.36	53.45	6
4	56.95	56.98	10
5	65.55	65.79	9
6	74.95	74.96	7

No	2 Theta	2 Theta teoritis	Intensitas (counts)
7	79.26	79.17	20
Total			80

h. Kuarsa

No.	2 Theta	2 Theta teoritis	Intensitas (counts)
1	22.57	22.30	44
2	26.67	26.64	24
3	68.28	68.30	12
4	73.42	73.46	9
5	77.68	77.69	12
Total			101

Senyawa-senyawa pada kaolinit-ZVI

No.	Senyawa	Intensitas	Intensitas (%)
1	Kaolinit	664	53,12
2	Fe	20	1,60
3	FeO	60	4,80
4	FeO(OH)	43	3,44
5	Fe ₂ O ₃ (Hematit)	59	4,72
6	Fe ₂ O ₃ (Maghemit)	223	17,84
7	Fe ₃ O ₄	80	6,40
8	SiO ₂ (Kuarsa)	101	8,08
Total		1250	100

3. Besi Oksida

a. Fe

No.	2 Theta	2 Theta teoritis	Intensitas (counts)
1	44.65	44.67	63

b. FeO

No	2 Theta	2 Theta teoritis	Intensitas (counts)
1	6.79	6.84	7
2	9.64	9.68	12
3	15.30	15.34	17
4	16.82	16.82	13
5	19.62	19.45	18
6	20.66	20.63	7
7	21.74	21.76	9
8	22.77	22.84	25

No	2 Theta	2 Theta teoritis	Intensitas (counts)
9	23.85	23.87	7
10	28.57	28.50	7
11	32.50	32.53	9
12	34.60	34.74	14
13	40.15	40.12	36
14	45.68	45.53	11
15	47.24	47.22	5
16	47.78	47.72	21
17	50.44	50.48	22
18	51.07	51.01	38
19	53.58	53.59	35
20	54.07	54.09	20
21	54.63	54.60	7
22	58.41	58.52	9
23	59.43	59.47	28
24	60.86	60.88	27
25	63.19	63.19	23
26	65.49	65.46	29
27	66.37	66.36	13
Total			469

c. FeO(OH)

No	2 Theta	2 Theta teoritis	Intensitas (counts)
1	36.42	36.34	13
2	38.53	38.38	22
3	49.12	49.13	32
4	52.30	52.33	16
5	55.32	55.40	11
6	61.90	61.94	11
7	67.55	67.42	18
8	70.19	70.08	7
9	72.77	72.69	19
10	73.20	73.37	19
11	78.42	78.43	26
Total			194

d. Fe₂O₃ (Hematit)

No.	2 Theta	2 Theta teoritis	Intensitas (counts)
1	24.46	24.29	18
2	33.35	33.27	11
3	35.98	35.74	7
4	39.07	39.40	21
5	43.67	43.69	21
6	49.78	49.55	26
7	56.22	56.25	14
8	57.40	57.42	13
9	57.85	57.71	25
10	63.90	63.99	17
11	64.28	64.07	8
12	69.50	69.60	15
13	72.30	72.26	19
14	75.63	75.51	7
15	77.64	77.72	16
Total			238

e. Fe₂O₃ (Maghemit)

No	2 Theta	2 Theta teoritis	Intensitas (counts)
1	11.12	11.17	14
2	12.64	12.99	9
3	14.84	14.82	18
4	17.40	17.45	20
5	18.51	18.39	20
6	21.48	21.41	23
7	26.14	26.18	7
8	27.95	27.77	10
9	30.38	30.26	9
10	33.85	33.91	8
11	35.38	35.32	154
12	35.98	35.74	33
13	37.39	37.28	16
14	40.58	40.41	19
15	41.81	41.71	17
16	46.13	46.11	11
17	58.89	58.92	15
18	59.78	59.62	7
19	63.57	63.50	11
20	64.94	64.82	27

No	2 Theta	2 Theta teoritis	Intensitas (counts)
21	67.92	67.84	18
22	68.47	68.31	23
23	70.67	70.54	12
24	71.32	71.44	20
25	71.82	71.88	14
26	74.50	74.54	18
27	76.57	76.51	25
28	79.36	79.52	13
Total			591

f. Fe₃O₄

No.	2 Theta	2 Theta teoritis	Intensitas (counts)
1	18.04	18.26	14
2	30.04	30.09	45
3	43.05	43.05	51
4	53.30	53.45	42
5	56.96	56.98	70
6	62.49	62.51	98
7	65.89	65.79	16
8	66.86	66.84	17
9	73.84	73.94	22
10	75.05	75.19	19
11	78.91	78.92	27
Total			421

Senyawa-senyawa pada ZVI

No.	Senyawa	Intensitas (Counts)	Intensitas (%)
1	Fe	63	3,18
2	FeO	469	23,73
3	FeO(OH)	194	9,51
4	Fe ₂ O ₃ (Hematit)	238	9,81
5	Fe ₂ O ₃ (Maghemit)	591	29,90
6	Fe ₃ O ₄	421	21,30
Total		1976	100

B. Distribusi ukuran pori

1. Kaolin

$$\% \text{ Mikropori} = \frac{\text{Batas mikro}-0}{\text{Batas makro}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Mikropori} = \frac{0,0026981-0}{0,067181} \times 100\%$$

$$\% \text{ Mikropori} = 4,01 \%$$

$$\% \text{ Mesopori} = \frac{\text{Batas meso}-\text{batas mikro}}{\text{Batas makro}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Mesopori} = \frac{0,050898-0,0026981}{0,067181} \times 100\%$$

$$\% \text{ Mesopori} = 71,74 \%$$

$$\% \text{ Mesopori} = \frac{\text{Batas makro}-\text{batas meso}}{\text{Batas makro}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Makropori} = \frac{0,067181-0,050898}{0,067181} \times 100\%$$

$$\% \text{ Makropori} = 24,23 \%$$

2. Kaolinit-Besi Oksida

$$\% \text{ Mikropori} = \frac{\text{Batas mikro}-0}{\text{Batas makro}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Mikropori} = \frac{0,0086564-0}{0,21088} \times 100\%$$

$$\% \text{ Mikropori} = 3,95\%$$

$$\% \text{ Mesopori} = \frac{\text{Batas meso}-\text{batas mikro}}{\text{Batas makro}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Mesopori} = \frac{0,18171-0,0086564}{0,21088} \times 100\%$$

% Mesopori= 82,06%

$$\% \text{ Mesopori} = \frac{\text{Batas makro} - \text{batas meso}}{\text{Batas makro}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Makropori} = \frac{0,21088 - 0,18171}{0,21088} \times 100\%$$

% Makropori= 13,83%

C. Adsorpsi Cr^{6+} dan Reduksi Cr^{6+}

No	Senyawa	Konsentrasi (mg/L)			Konsentrasi (mg/L)
		1	2	3	
1	Cr Standar	948,310	965,398	936,918	950,208
2	Cr (Kaolin)	925,526	919,830	919,830	921,728
3	Cr (Kaolinit-ZVI)	897,046	902,742	908,438	902,742
4	Cr (ZVI)	851,477	874,261	840,085	855,274

$$C_T = (C_{\text{sampel}} \times \frac{V_{\text{sampel}}}{V_{\text{Tot}}}) + C_{\text{standar}} \times \frac{V_{\text{standar}}}{V_{\text{Tot}}}$$

$$C_{\text{sampel}} = \left[C_T - \left(C_{\text{standar}} \times \frac{V_{\text{standar}}}{V_{\text{Tot}}} \right) \right] : \frac{V_{\text{sampel}}}{V_{\text{Tot}}}$$

1. Konsentrasi Cr yang teradsorp oleh kaolin

$$C_{\text{sampel}} = \left[C_T - \left(C_{\text{standar}} \times \frac{V_{\text{standar}}}{V_{\text{Tot}}} \right) \right] : \frac{V_{\text{sampel}}}{V_{\text{Tot}}}$$

$$C_{\text{sampel}} = \left[921,728 \text{ mg/L} - \left(950,208 \times \frac{2 \text{ mL}}{7 \text{ mL}} \right) \right] : \frac{5 \text{ mL}}{7 \text{ mL}}$$

$$C_{\text{sampel}} = 910,336 \text{ mg/L}$$

$$\text{Penurunan konsentrasi} = (950,208 - 910,336) \text{ mg/L}$$

$$\text{Penurunan konsentrasi} = 39,872 \text{ mg/L}$$

2. Konsentrasi Cr yang teradsorpsi oleh kaolinit-besi oksida

$$C_{sampel} = \left[C_T - \left(C_{standar} \times \frac{V_{standar}}{V_{Tot}} \right) \right] : \frac{V_{sampel}}{V_{Tot}}$$

$$C_{sampel} = \left[902,742 \text{ mg/L} - \left(950,208 \times \frac{2 \text{ mL}}{7 \text{ mL}} \right) \right] : \frac{5 \text{ mL}}{7 \text{ mL}}$$

$$C_{sampel} = 879,556 \text{ mg/L}$$

$$\text{Penurunan konsentrasi} = (950,208 - 879,556) \text{ mg/L}$$

$$\text{Penurunan konsentrasi} = 70,652 \text{ mg/L}$$

3. Konsentrasi Cr yang teradsorpsi oleh ZVI

$$C_{sampel} = \left[C_T - \left(C_{standar} \times \frac{V_{standar}}{V_{Tot}} \right) \right] : \frac{V_{sampel}}{V_{Tot}}$$

$$C_{sampel} = \left[855,274 \text{ mg/L} - \left(950,208 \times \frac{2 \text{ mL}}{7 \text{ mL}} \right) \right] : \frac{5 \text{ mL}}{7 \text{ mL}}$$

$$C_{sampel} = 817,300 \text{ mg/L}$$

$$\text{Penurunan konsentrasi} = (950,208 - 817,300) \text{ mg/L}$$

$$\text{Penurunan konsentrasi} = 132,908 \text{ mg/L}$$

4. Konsentrasi Cr^{3+} yang tereduksi oleh besi oksida

$$C_{sampel} = \frac{A_{sampel}}{A_{standar}} \times C_{standar}$$

$$C_{sampel} = \frac{0,005}{0,392} \times 100 \text{ mg/L}$$

$$C_{sampel} = 1,28 \text{ mg/L}$$

Dikali dengan faktor pengenceran

$$M_{Cr(III)} = \frac{25 \text{ mL} \times 1,28 \text{ mg/L}}{10 \text{ mL}}$$

$$M_{Cr(III)} = 3,2 \text{ mg/L}$$



D. Lampiran Gambar Hasil Penelitian



Gambar 1. Gambar kaolin, kaolinit-besi oksida, dan besi oksida



Gambar 2. Hasil proses remediasi Cr^{6+} menggunakan kaolin, kaolinit-besi oksida, dan besi oksida

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Umi Kulsum

Tempat, tgl lahir : Magelang, 21 Oktober 1993

Jenis Kelamin : Perempuan

Agama : Islam

Alamat Asal : Desa Kemiren, Kec. Srumbung, Kab. Magelang Jawa Tengah

Email : umik46686@gmail.com

Pendidikan terakhir : MAN Program IPA

Riwayat Pendidikan :

SD : SDN Kemiren, Srumbung, Magelang, Jawa Tengah (2005)

SMP : SMPN 2 Srumbung, Magelang, Jawa Tengah (2008)

SMA : MAN Tempel, Sleman, Jogjakarta (2011)

Pengalaman Organisasi : Anggota di Rumpun Biologi Kimia (RUBIK) periode 2013/2014.

Pendidikan dan latihan yang Pernah Diikuti: Praktek Kerja Lapangan tahun 2014 di Pusat Sains dan Teknologi Akselerator – Badan Tenaga Nuklir Nasional (PSTA-BATAN).

