SINTESIS DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT *ZERO VALENCE IRON* (ZVI) TEREMBANKAN PADA *CARBOXYMHETHYL CELLULOSE* (CMC) SEBAGAI PEREDUKSI ION TEMBAGA (Cu^{2+})

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan

mencapai derajat Sarjana Kimia

Oleh :

Anita Sari

11630011

PROGRAM STUDI 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 wr. wb.

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

Nama : Anita sari

NIM : 11630011

Judul Skripsi : Sintesis dan Karakterisasi Komposit Zero Valence Iron (ZVI) Terembankan pada Carboxymhethyl Cellulose (CMC) sebagai Pereduksi Ion Tembaga (Cu^{2+})

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

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut diatas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami menyampaikan terimakasih.

Wassalamu'alaikumwr.wb.

Yogyakarta, 16 Juli 2015

Pembimbing,

Endaruji Sedyadi, M.Sc

NIP. 19820205 201503 1 301

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 : Anita Sari
NIM : 11630011
Judul Skripsi : Sintesis Dan Karakterisasi Komposit *Zero Valence Iron* (ZVI) Terembankan Pada *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) Sebagai Pereduksi Ion Tembaga Cu (II)

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, 12 Agustus 2015
Konsultan,

Khamidinal, M.SI.
NIP.: 19691104 200003 1 002

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 : Anita Sari
NIM : 11630011
Judul Skripsi : Sintesis Dan Karakterisasi Komposit *Zero Valence Iron* (ZVI) Terembankan Pada *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) Sebagai Pereduksi Ion Tembaga Cu (II)

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, 11 Agustus 2015
Konsultan,

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 : Anita Sari
NIM : 11630011
Judul Skripsi : Sintesis Dan Karakterisasi Komposit *Zero Valence Iron* (ZVI) Terembankan Pada *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) Sebagai Pereduksi Ion Tembaga Cu (II)

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, 12 Agustus 2015
Konsultan,

Endaruji Sedyadi, M.Sc
NIP.: 19820205 201503 1 301

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Anita Sari

NIM : 11630011

Jurusan : Kimia

Fakultas: Sains dan Teknologi

menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **"Sintesis dan Karakterisasi Komposit Zero Valence Iron (ZVI) Terembankan pada Carboxymhethyl Cellulose (CMC) sebagai Pereduksi Ion Tembaga (Cu^{2+})"** 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, 16 Juli 2015

Anita Sari

NIM : 11630011

Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga FM-UINSK-BM-05-07/R0

PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nomor : UIN.02/D.ST/PP.01.1/2284/2015

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Sintesis dan Karakterisasi Komposit *Zero Velence Iron* (ZVI) Terembankan pada *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) sebagai Pereduksi Ion Tembaga (Cu^{2+})

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :
Nama : Anita Sari
NIM : 11630011
Telah dimunaqasyahkan pada : 31 Juli 2015
Nilai Munaqasyah : A
Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

TIM MUNAQASYAH :

Ketua Sidang

Endaruji Sedyadi, M.Sc

Penguji I

Khamidinal, M.Si
NIP. 19691104 200003 1 002

Penguji II

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

Yogyakarta, 12 Agustus 2015
UIN Sunan Kalijaga
Fakultas Sains dan Teknologi
Dekan

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

MOTTO

Belajar Lebih Lengkap Dengan Berdiskusi

Dalam Setiap Kesulitan Pasti Ada Kemudahan

Kekurangan Bukan Hal Yang Perlu Dicemaskan

Tetapi Perlu Dipecahkan Dengan Perlahan

Untuk Dapat Terus Maju Ke Depan

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan untuk 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 *Zero Valence Iron* (ZVI) Terembankan pada *Carboxymhethyl Cellulose* (CMC) sebagai Pereduksi Ion Tembaga (Cu^{2+})" 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 penyusun disampaikan kepada:

1. Dr. Hj. Maizer Said Nahdi, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Dr. Susy Yunita Prabawati M.Si., selaku Kepala Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Endaruji sedyaji, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing yang telah dengan tekun dan sabar meluangkan waktunya dalam membimbing, mengarahkan dan memotivasi hingga skripsi ini tersusun.
4. Bapak Didik Krisdiyanto, M.Sc., selaku Dosen pembimbing akademik.
5. Dosen-dosen Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang sudah membagi ilmu yang sangat bermanfaat.
6. Bapak Wijayanto, S.Si., Indra Nafiyanto, S.Si., dan Ibu Isni Gustanti, S.Si., selaku laboran Kimia Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta

yang telah memberikan dorongan dan pengarahan selama melakukan penelitian.

7. Kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan dan telah membiayai penelitian yang saya lakukan.
8. Seluruh Staf Karyawan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah membantu sehingga penyusunan skripsi ini dapat berjalan dengan lancar.
9. Teman-teman di laboratorium penelitian kimia UIN Sunan Kalijaga atas saran dan bantuannya.
10. Semua pihak yang tidak bisa penyusun sebutkan satu persatu atas bantuannya dalam penyelesain skripsi ini.

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

Yogyakarta, 14 Juli 2015

Anita Sari
11630011

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PERSETUJUAN ii
HALAMAN NOTA DINAS KONSULTAN iii
HALAMAN SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI vi
HALAMAN PENGESAHAN vii
HALAMAN MOTTO viii
HALAMAN PERSEMBAHAN ix
KATA PENGANTAR x
DAFTAR ISI xii
DAFTAR GAMBAR xiv
DAFTAR TABEL xvi
ABSTRAK xvii

BAB I PENDAHULUAN 1

A. Latar Belakang 1
B. Batasan Masalah 3
C. Rumusan Masalah 4
D. Tujuan Penelitian 4
E. Manfaat Penelitian 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI 5

A. Tinjauan Pustaka 5
B. Dasar Teori 8
   1. *Zero Valent Iron* (ZVI) 8
   2. *Senyawa Magnetik* 9
   3. *Carboxymhethyl Cellulose* (CMC) 11
   4. Sintesis ZVI Terembankan CMC 12
   5. Faktor yang Mempengaruhi Sintesis ZVI 14
   6. Logam Cu 17
   7. Adsorpsi Langmuir dan Freundlich 18

8. *X-Ray Difraction* (XRD) 20
9. *Fourier Transform Infrared Spectrometer* (FTIR) 22
10. *Transmission Electron Microscopy* (TEM) dan *selected Area Electron Difraction* (SAED)..... 25
11. Spektronik $20D^{+}$..... 29

C. Kerangka Berfikir dan Hipotesis 30

BAB III METODE PENELITIAN..... 33

A. Waktu dan Tempat Penelitian 33
B. Alat-alat Penelitian..... 33
C. Bahan Penelitian 33
D. Cara Kerja Penelitian 34
1. Sintesis komposit ZVI-CMC 34
2. Uji aktivitas komposit ZVI-CMC terhadap konsentrasi Cu(II). 35

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 38
A. Sintesis komposit Besi-CMC 38
1. Karakterisasi FT-IR CMC dan sampel komposit Besi-CMC.... 38
2. Karakterisasi XRD sampel komposit Besi-CMC 45
3. Karakterisasi TEM sampel komposit Besi-CMC 49
B. Sintesis komposit Besi-CMC 50
1. Variasi pH Cu^{2+}..... 50
2. Variasi waktu kontak..... 53
3. Variasi massa komposit Besi-CMC 54

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 57
A. Kesimpulan..... 57
B. Saran..... 58

DAFTAR PUSTAKA..... 59
LAMPIRAN 63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sampel ZVI pada HR-TEM; (a,b) sampel baru dan (c,d) sampel 6 bulan (Efecan *et al.* (2009).....	12
Gambar 2.2	Karakterisasi SAED dalam memprediksi kristalisasi partikel ZVI (Grace *at al*., 2012)……..……....	13
Gambar 2.3	Struktur *core-shell* dari ZVI yang menggambarkan berbagai jenis mekanisme untuk penghilangan komponen logam dan klorinasi (Li *et al.*,2006)……..…….....	15
Gambar 2.4	Menunjukkan perbedaan ukuran butir, dengan jumlah difraksi pada bidang (111) pada serbuk silika yang dilakukan rotasi sekitar sampel pada sumbu normal ke permukaan sampel (Guinebretiere, 2007)……..……	21
Gambar 2.5.	Karakterisasi XRD sampel amorf ZVI (Prabu *at al.,* 2013)…..	22
Gambar 2.6	Transisi energi saat molekul dikenai energi foton yang lebih besar dari energi tingkatan molekul (ΔE)……..…..	22
Gambar 2.7	FT-IR sampel CMC hasil sintesis (Mahyong, 2013)……	24
Gambar 2.7	Skema Interaksi *specimen* (sampel) dengan sinar datang elektron……..	25
Gambar 2.9	Skema *Transmission Electron Microscope* (TEM)……	27
Gambar 4.1	Spektrum FT-IR sampel CMC……	38
Gambar 4.2	Data FT-IR sampel tanpa pengeringan dalam penentuan kestabilan ikatan antara CMC dengan partikel besi (konsentrasi 0,065 M). a) konsentrasi CMC sebesar 0,1 w/v%; b) konsentrasi CMC sebesar 0,2 w/v% dan c) konsentrasi CMC sebesar 0,3 w/v%…….……	39
Gambar 4.3	Data FT-IR yaitu a) sampel kering CMC dengan partikel besi (konsentrasi 0,179 M) dan b) sampel kering CMC dengan partikel besi (konsentrasi 0,179 M) hasil reduksi dan adsorpsi Cu^{2+}…….....	42
Gambar 4.4	Data XRD berdasarkan perlakuan yang berbeda antara a) sampel tanpa pengeringan komposit Besi-CMC (0,065 M) b) sampel kering komposit Besi-CMC (0,175 M)……	44
Gambar 4.5	Sampel kering Besi-CMC (0,179 M) hasil reduksi dan adsorpsi dengan larutan Cu^{2+}…….……..	47
Gambar 4.6	Data TEM dengan konsentrasi Fe^{2+}sebesar 0,065 M a) perbesaran 50 nm, b) perbesaran 20 nm, c) ukuran partikel besi < 2 nm……...	48

Gambar 4.7 Hasil reduksi dan adsorpsi komposit Besi-CMC larutan Cu^{2+} berdasarkan pH 1, 2, 3, 4 dan 5…… 51

Gambar 4.8 Grafik variasi waktu dengan konsentrasi tetap larutan Cu^{2+} 0.013 M atau 3333 mg/L……..……... 52

Gambar 4.9 Grafik variasi konsentrasi massa komposit Besi-CMC dengan konsentrasi tetap larutan Cu^{2+} sebesar 0.013 M atau 3333 mg/L…… 53

Gambar 4.10 a) Grafik Freundlich dengan R^2= 0,676 dan b) Grafik Langmuir dengan R^2= 0,734…… 54

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Data FT-IR berdasarkan ikatan CMC dengan partikel besi…….. 41

Tabel 4.2 Data XRD berdasarkan peningkatan kadar Oksida pada Fe^0 serta hasil reduksi, adsorpsi dan persipitasi Besi-CMC…….. 48

ABSTRAK

SINTESIS DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT *ZERO VALENCE IRON* (ZVI) TEREMBANKAN PADA *CARBOXYMHETHYL CELLULOSE* (CMC) SEBAGAI PEREDUKSI ION TEMBAGA (Cu^{2+})

Oleh:

Anita Sari

11630011

Dosen Pembimbing: Endaruji Sedyadi, S.Si, M.Sc.

Komposit ZVI (*Zero Valent* Iron) dengan CMC (*Carboxymethyl Cellulose*) sebagai adsorben dan pereduksi logam berat Cu^{2+} telah disintesis menggunakan metode reduksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik komposit ZVI-CMC dan untuk mengetahui kemampuan komposit ZVI-CMC dalam meremidiasi logam berat Cu^{2+}. Cara sintesis dilakukan dua perlakuan yang berbeda pertama sampel tanpa pengeringan dengan konsentrasi 0,065 M dengan variasi CMC sebesar 0,1; 0,2 dan 0,3 w/v% dan kedua sampel dengan pengeringan menggunakan konsentrasi 0,179M dengan konsentrasi CMC sebesar 0,2 w/v%. Adapun perlakuan konstan sintesis ZVI-CMC dengan perbandingan Fe^{2+}/ BH_4^- sebesar 1:3, suhu sintesis 22 ^{0}C , dan pH 6 saat sintesis.

Hasil analisis kualitatif menggunakan FT-IR menunjukkan kestabilan ikatan antara CMC dengan partikel besi pada variasi CMC sebesar 0,2 w/v% dengan pergeseran bilangan gelombang dari gugus –OH CMC sebesar 3425,58 cm^{-1} menjadi 3302,13 cm^{-1} untuk sampel tanpa pengeringan. Berdasarkan hasil analisis kuantitatif XRD menunjukkan bahwa sampel tanpa pengeringan dan sampel kering memiliki karakter kristalinitas yang rendah baik senyawa magnetik atau oksida besi dan Fe. Sedangkan sampel komposit Besi-CMC hasil remediasi dengan larutan Cu^{2+} menunjukkan penurunan senyawa magnetik dan besi oksida. Hasil analisis menggunakan TEM menginformasikan bahwa ukuran partikel besi yaitu < 2 nanometer. Berdasarkan uji aktivitas, komposit Besi-CMC memiliki kemampuan melakukan reaksi reduksi maupun adsorbsi sehingga diperoleh titik optimum pH 4, waktu kontak sebesar 6 jam dan massa komposit Besi-CMC sebesar 0,35 gram.

Kata kunci : CMC, ZVI, remediasi dan partikel besi.

BAB I
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan dunia industri tentu tidak lepas dari proses produksi. Disisi lain limbah yang dihasilkan dapat menimbulkan masalah pencemaran lingkungan air yang berkelanjutan apabila tidak segera ditangani. Limbah industri pada umumnya terdiri dari bahan organik maupun anorganik. Limbah organik merupakan limbah yang dapat membusuk disebabkan oleh bakteri patogen yang berkembang dengan sangat baik dalam lingkungan air. Limbah anorganik merupakan limbah yang sukar membusuk dan sulit didegradasi oleh mikroorganisme yang dapat menyebabkan jumlah ion logam bertambah dalam lingkungan air. Buangan limbah anorganik dari industri pada umumnya berupa unsur-unsur logam berat (Hg, Pb, Co, Cu, Zn) (Wisnu, 1994).

Adapun jenis industri penghasil limbah anorganik diantaranya industri tekstil berupa buangan limbah cair yang mengandung tembaga (Cu), krom (Cr) dan seng (Zn) yang digunakan dalam proses pewarnaan atau percetakan (Smith, 1988), industri pertambangan Cu, industri galangan kapal dan lain-lain (Palar, 1994). Menurut Palar (1994) bahwa air yang mengandung ion-ion tembaga (Cu), krom (Cr) dan perak (Ag) tersebut sangat berbahaya bagi tubuh manusia, disebabkan adanya kecenderungan logam yang dapat berakumulasi dalam jaringan tubuh dan menimbulkan berbagai jenis keracunan seperti sirosis hati, kerusakan ginjal, hemolisis, muntah, dan kram.

Limbah tersebut dapat diatasi menggunakan teknologi remediasi yang telah banyak ditawarkan dan dikembangkan diantaranya berupa: adsorpsi dengan menggunakan zeolit, bentonit, dan kitosan. Reduksi logam pencemar dengan menggunakan *Zero Valence Iron* (ZVI) dan masih banyak yang lainnya. Dewasa ini, para peneliti banyak mengembangkan pengolahan logam besi berupa sintesis ZVI sebagai salah satu alternatif untuk mengurangi limbah logam berat di perairan.

ZVI menawarkan beberapa keuntungan yaitu memiliki luas permukaan tinggi dengan reaktivitas yang besar pada permukaannya dibandingkan besi massal pada umumnya (Lien, 1999). Sintesis Fe^0 juga menghasilkan senyawa magnetik terdiri dari oksidasi Fe(II) atau Fe(III) yang mengendap dipermukaan besi oksida, hidroksida dan oksihidroksida yang dekat dengan permukaan ZVI (Klimkova *et al*., 2011) membantu adsorpsi pada Fe^0, sehingga ZVI dapat berfungsi sebagai reduksi dan adsorpsi. Akan tetapi, Fe^0 mudah teroksidasi di udara, mudah agglomerasi dan aggregrasi sehingga menurunkan reaktivitas Fe^0 (Ponder *et al.*, 2000). Berbagai upaya peningkatan reaktivitas pada permukaan Fe^0 telah banyak dilakukan dengan menggunakan bahan pendukung, yang secara efektif membantu meningkatkan remediasi logam berat di perairan (Wang *et al.*, 2010).

Beberapa bahan pendukung yang digunakan antara lain seperti polimer CMC, Guargum, Kitosan dan PA yang menyediakan stabilitas sterik atau tolakan kuat yang lebih besar dari tolakan elektrostatik (Geng *et al.*, 2009) sehingga meningkatkan sifat fisik yang lebih stabil dan sifat kimia yang reaktif pada Fe^0

(Ponder *et al.*, 2000). Menurut Alowitz and Scherer (2002) upaya melakukan reduksi logam Cr(VI) oleh Fe^0 tersebut dipengaruhi oleh jenis logam besi, konsentrasi Fe^0 termasuk besi oksida dan nilai pH, begitupun dengan reduksi logam Cu(II).

Berdasarkan identifikasi masalah yang ada maka pada penelitian ini dapat dilakukan penelitian tentang sintesis dan pengaruh variabel-variabel terkait untuk meningkatkan kinerja ZVI dengan CMC dalam reduksi Cu(II).

B. Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah yang diambil dari banyaknya ruang lingkup yang ada dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Material pereduksi yang digunakan untuk adsorbsi-reduksi adalah komposit ZVI:CMC
2. Material pengemban untuk ZVI adalah *carboxymhetyl cellulose* (CMC)
3. Ada lima variabel yang akan digunakan dalam menentukan pembentukan ZVI dengan CMC dalam reduksi Cu(II) diantaranya: perbandingan konsentrasi ZVI:CMC, Konsentrasi Cu(II), nilai pH dan temperatur saat reaksi.
4. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: FTIR, XRD, TEM dan Spektronik $20D^+$.

C. Rumusan masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana gugus fungsi dan fasa kristalin komposit ZVI terembankan CMC serta senyawa yang dihasilkan dari sintesis ZVI?
2. Bagaimana ukuran partikel ZVI terembankan CMC?
3. Bagaimana kinerja komposit ZVI terembankan CMC dalam adsorpsi reduksi Cu(II) pada berbagai variabel?

D. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui gugus fungsi dan fasa kristalin komposit ZVI terembankan CMC serta senyawa yang dihasilkan dari sintesis ZVI
2. Mengetahui ukuran partikel ZVI terembankan CMC
3. Mengetahui kinerja komposit ZVI terembankan CMC dalam adsorpsi reduksi Cu(II) pada berbagai variabel

E. Manfaat

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan pengetahuan cara pembuatan ZVI dengan CMC dalam mengurangi pencemaran limbah logam berat. Selain itu memberikan cara alternatif remediasi dalam mengurangi limbah Cu(II) selain cara biomederasi oleh strain bakteri yang juga mengatasi pencemaran logam, tetapi dapat menimbulkan sifat toksik dalam limbah.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

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

1. Penambahan pengemban CMC untuk partikel besi partikel besi ditunjukkan dari gugus –OH dan COO^- yang menunjukkan ikatan CMC dengan partikel besi. Selain itu, hasil karakterisasi komposit Besi-CMC menunjukkan penurunan pembentukan Fe serta bertambahnya senyawa magnetik atau besi oksida dan terjadi penurunan senyawa magnetik atau oksida besi setelah komposit Besi-CMC melakukan remediasi dengan larutan Cu^{2+}.
2. Sintesis komposit Besi-CMC pada karakterisasi TEM menunjukkan senyawa besi dalam skala kecil <2 nm dan menginformasikan bahwa CMC berwarna putih sedangkan partikel besi berwarna hitam.
3. Berdasarkan uji aktivitas, komposit Besi-CMC memiliki kemampuan melakukan reduksi dan adsorpsi sehingga diperoleh optimum pH 4, waktu kontak 6 jam dan massa komposit Besi-CMC sebesar 0.35 gram. Kemudian reaksi remediasi komposit Besi-CMC dengan larutan Cu^{2+} ini masuk metode Langmuir dengan susunan permukaan monolayer yang seragam.

B. Saran

Adapun beberapa saran dari penelitian ini antara lain:

1. Masih perlunya dilakukan penelitian kembali tentang Massa relatif CMC yang menurut penelitian sebelumnya bahwa konsentrasi CMC terbaik dapat meningkatkan sisi aktif Fe. Oleh karena itu, dengan mengetahui konsentrasi CMC dapat membuktikkan bahwa dengan konsentrasi 0,2 w/v% bukan merupakan konsentrasi berlebih ataupun kurang.
2. Ada baiknya setiap karakterisasi, sampel disimpan pada wadah vakum (atau bebas O_2) untuk menghindari terjadinya oksidasi pada sampel.
3. Masih diperlukan perbaikan metode penelitian agar dapat menghasilkan ZVI yang lebih banyak dan bukan senyawa partikel besi lainnya. Salah satunya dengan metode sintesis maupun metode penyimpanan dalam wadah vakum (atau bebas O_2).

DAFTAR PUSTAKA

Adel, A. M.; Yo Youssef, H. A,; El-Gendy, A. A.; Nada, A. M. Carboxymethyl Cellulose Hydrogel; Sorption Behavior and Characterization. *Natural and Science*. 2010, 8, 8.

Akbari, A.; Mohamadzadeh, F. New Method of Synthesis of Stable Zero Valent Iron Nanoparticles (Nzvi) by Chelating Agent Diethylene Triamine Penta Acetic Acid (DTPA) and Removal of Radioactive Uranium From Ground Water by using Iron Nanoparticle. *Journal of Nanostructures*. 2012, 2, 175-181.

Alowitz, M. J.; Scherer, M. M. Kinetics of Nitrate, Nitrite, and Cr (VI)Reduction by Iron Metal. *Environ. Sci. Technol*. 2002, 36, 299-306.

Anita, W. F.; Yudhi, U.; Irma, K. K. Analisis kandungan Tembaga (Cu) dalam Air dan Sendimen di Sungai Surabaya. *Analytical Sciences*. 2008, Vol.20, 1-8.

Chai, M. N.; Isa, M. I. N. The Oleic Acid Composition Effect on the Caaboxymethyl Cellulose Based Biopolymer Electrolyte. *Journal of Crystallization Process and Technology*. 2013, 3, 1-4.

Chan, S. Application of Metallic Nanoparticles for Groundwater Remediation. M.S. Thesis, the School of Arts and Science Tunku Abdul Rahman State University, State College, Kuala Lumpur, January 2011.

Carroll, O. D.; Sleep, B.; Krol, M.; Boparai, H.; Kocur, C. Nanoscale Zero Valent Iron and Bimetallic Particles for Contaminated Site Remediation. *Advance in Water Resource*. 2013, 51, 104-122.

Celebi, O.; Uzum, C.; Shahwan, T.; Erten, H. N. A Radiotracer Study of the Adsorption Behavior of Aqueous Ba^{2+}Ions on Nanoparticles of Zero-Valent Iron. *Journal of Hazardous Materials*. 2007, 148, 761-767.

Chai, M. N.; Isa, M. I. N. The Oleic Acid Compotition Effect on the Carboxymethyl Cellulose Based Biopolimer Electrolyte. *Journal of Crystallization Process and Technology*. 2013, 3, 1- 4.

Cirtiu, C. M.; Raychoudhury, T.; Ghoshal, S.; Moores, A. Systematic Comparison of the Size, Surface Characteristic and Colloidal Stability of Zero Valent Iron Nanoparticles Pre and Post-Grafted with Common polymers. *Colloid Surface A*. 2011, 390, 95-104.

Efecan, N.; Shahwan, T.; Eroglu, A. E.; Lieberwirth, I. Characterization of the Uptake of Aqueous Ni^{2+} Ions on Nanoparticles of Zero-Valent Iron (nZVI). *Desalination*. 2009, 249, 1048-1054.

Eva, F. K.; Syafrizal; Adinda, N. S. Pengolahan Limbah Campuran Logam Fe, Cu, Ni dan Amonia Menggunakan Metode Flotasi-Filtrasi dengan Zeolit Alam Lampung Sebagai Bahan Pengikat. *Prosiding Seminar nasional Teknik kimia "Kejuangan"*. 2010, B04-1-B04-5. ISSN 1693-4393.

Fritriyah, A. W.; Utomo, Y.; Kusumaningrum, I. K. Analisis Kandungan Tembaga (Cu) Dalam Air dan Sedimen di Sungai Surabaya. *Jurusan Kimia, FMIPA Universitas Negeri Malang*, 2013.

Geng, B.; Jin, Z. H., Li, T. L.; Qi, X. H. Preparation of Chitosan-Stabilized Fe^0 Nanoparticles for Removal of Hexavalent Chromium in Water. *Sci. Total Environ.* 2009, 407, 4994-5000.

Grace, T. J.; Sulungbudi; Mujamilah; Ari, H. Sintesis nanopartikel Magnetik Core/Shell Fe/Oksida Fe dengan Metode Reduksi Kimia. Juni 2012, Vol. 13, No.3, 182-187. ISSN : 1411-1098.

Hanna, F. growth and Characterization of Amorphous Tialsin and Hfalsin Thin Films. M.S. Thesis, The state Linkopings university, state college, IT. 2012.

He, F.; Zhao, D. Manipulating the Size and Dispersibility of Zero Valent Iron Nanoparticles by Use of Carboxymethyl Cellulose Stabilizers. *Environ. Sci. Technol*. 2007, 41, 6216-6221.

Kanel, S. R.; Greneche, J. M.; Choi, H. Arsenic (V) Removal from Groundwater Using Nanoscale Zero Valent Iron as A Colloidal Reaction Barrier Material. *Environ. Sci. Technol*. 2006, 40, 50-2046.

Lien, H. L.; Zhang, W. X. Transformation of Chorinated Methanes by Nanoscale Iron Particles. *Journal of Environ. Eng- ASCE*. 1999, 125, 7-1042.

Li, X. Q.; Elliot, D.W.; Zhang, W. X. Zero-Valent Iron Nanoparticles for Abatemet of Environmental Pollutants: materials and engineering aspects.*Crit Rev Solid State*. 2006, 31, 22-111.

Mcmurry, J.; Fay, R. C. *Chemistry*. Prentice Hall: Englewood Cliffs, NJ, 1995.

Mery, M. *Hubungan Antara Keasaman, Lumpur, dan bahan Penetral yang Dibutuhkan dalam Satuan Volume Air Asam Tambang*. PT. Trubaindo Coal Mining: Bandung, 2014; pp 1-19.

Mohammad, M.; Sepideh, N.; Alireza, K.; Simin, N.; Ahmad, A. H. Removal of Arsenic (III,V) from Aqueous Solution by Nanoscale Zero-Valent Iron Stabilized with Starch and Carboxymethyl Cellulose. *Journal of Environmental Health Science & Engineering*. 2014, 12-74.

Mohd, R. J.; Mohd, S. M. S.; Nor, L. H.; Hee, A. C. Annealling Effects on the Properties of Copper Oxide Thin Films Prepared by Chemical Deposition. *Int. J. Electrochem. Sci*. 2011, 6, 6094-6104.

Mondal, K.; Jegadeesan, G.; Lalvani, S. B. Removal of Selenate by Fe and NiFe Nanosized Particle. *Ind. Eng. Chem. Rhes*. 2004, 43, 34-4922.

Nakamoto, K. *Infrared and Raman Spectra of Inorganic and Coordination Compounds Part B: Application in Coordination, Organometallic, and Bioinorganic Chemistry*. AJohn Wiley & Sons, Inc., Canada, 2009.

Olalekan, A. P.; Olatunya, A. M.; Dada, A. O.; DADA, O. Langmuir, Freundlich, Temkin and Dubinin–Radushkevich Isotherms Studies of Equilibrium

Sorption of Zn^{2+}Unto Phosphoric Acid Modified Rice Husk. *Journal of Applied Chemistry (IOSR-JAC)*, ISSN: 2278-5736. Volume 3, Issue 1(Nov. – Dec. 2012), 38-45.

Palar, H. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. PT Rineka Cipta, Jakarta, 1994.

Palar, H. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. PT.Rineka Cipta, Jakarta, 2004.

Petela, E.; Dimos, K.; Douvalis, A.; Bakas, T.; Tucek, J.; Zbofil, R.; Karakassides, M.A. Nanoparticle Zero-Valent Iron Supported on Mesoporous Silica: Cahracterization and Reactivity for Cr (VI) Removal from Aqueous Solution. *Journal of Hazardous Materials.* 2013, 261, 295-306.

Pijit, J.; Wei, X. Z.; Hsing, L. L. Enhanced Transport of Polyelectrolyte Stabilized Nanoscale Zero-Valent Iron (nZVI) in Porous Media. *Chemical Engineering Journal*. 2011, 170, 482-491.

Ponder, S. M.; Darab, J. G.; Mallouk, T.E. Remediationof Cr (VI) and Pb (II) Aqueous Solutions Using Supported Nanoscale Zero-Valent Iron. *Environ. Sci. Technol*. 2000, 34, 2564-2568.

Prabu, D.; Parthiban, R. Synthesis and Characterization of Nanoscale Zero Valent Iron (NZVI) nanoparticles for Enviromental Remediation. *J. Pharm. Tech.* 2013, Vol.3: Issue 4, 181-184.

Rahmani, A. R.; Ghaffari, H. R.; Samadi, M. T. A Comparative Study on Arsenic (III) Removal from Aqueous Solution Using Nano and Micro Sized Zero-Valent Iron. *Jurnal Environ. Health. Sci. Eng*. 2011, Vol. 8 & No. 2, pp. 175-180.

Rochayatun, E.; Edward.; Rozak, A. Kandungan Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Cr, Mn & Fe Dalam Air Laut Dan Sedimen Di Perairan Kalimantan Timur . *Jurnal Oseanologi dan Limnologi*. 2003, 35(1), 51-71.

Savage, N.; Diallo, M.; Duncan, J.; Street, A.; Sustich, R. *Nanotechnology Application for Clean Water*. William Andrew .Inc, Norwich, NY. USA, 2009.

Shili, X.; Hui, M.; Miangwu, S.; Shanyun, W.; Qingguo, H.; Xiangyang, S. Excellent Copper (II) Removal Using Zero-Valent Iron nanoparticle-Immobilized Hybrid Electrospun Polymer Nanofibrous Mats. *Colloids and Surface A: Physicochem. Eng. Aspects*. 2011, 381, 48-54.

Smith, B. A. *Workbook for Pollution Prevention by Source Reduction in Textile Wet Processing Pollution*. Prevention Pays Program of the North Carolina Division of Environmental Management, 1998.

Suprihatin; Erriek. Biosorpsi Logam Cu(Ii) Dan Cr (Vi) Pada Limbah Elektroplating Dengan Menggunakan Biomasa Phanerochaete Chrysosporium. *Jurnal Teknik Kimia* Vol.4,No.1, September 2009.

Sushil, R. K.; Bruce, M.; Laurent, C.; Heechul, C. Removal of Arsenic (III) from Groundwater by Nanoscale Zero-Valent Iron. *Environ. Sci. Thehnol*. 2005, 39, 1291-1298.

Teguh, K. B.; Rachman, F.; Purbo, C. *X-Ray Diffraktometer (XRD)*. Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 2009.

Trishikhi, R.; Nathalie, T.; Subhasis. G. Aggregation and Deposition Kinetics of Carboxymethyl Cellulose-Modified Zero-Valent Iron nanopartikelin Porous Media. *Water Research*. 2012, 46, 1735-1744.

Wang, Q.; Qian, H.; Yang, Y.; Zhang, Z.; Naman, C.; Xu, X. Reduction of Hexavalent Chromium by Carboxymethyl Cellulose- Stabilized Zero Valent Iron Nanoparticles. *Journal of Contaminant Hydrology*. 2010, 114, 35-42.

Wijesekara, S. S. R. M. D. H. R.; Basnayake, B. F. A,; Vithanage, M. Organoc-Coated Nanoparticulate Zero Valent Iron for Remediation of Chemical Oxygen Demand (COD) and Disolved Metals from Tropical landfill Leachate. *Environmental Science and Pollution Reserch*. 2014, Doi 10.1007-11356-014-2625-1. ISSN 0944-1344.

Wisnu, A. U. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Andi Offet, Yogyakarta, 1994.

Xiong, Z.; Zhao, D.; Pan, G. Rapid and Complete Destruction of Perchlorate in Water and ion-exchange Brine Using Stabilized Zero-Valent Iron Nanoparticles. *Water Research.* 2007, 41, 3497-3505.

Ying, J. Ions Removal by Iron nanoparticles: A Study on Solid-Water Interface with Zeta Potential. *Coloids and Surface A: Physicochem. Eng. Aspects*. 2014, 444, 1-8.

LAMPIRAN

A. Lampiran Karakterisasi

1. Karakterisasi XRD untuk komposit Besi-CMC.

a) Tabel 1 Karakterisasi XRD sampel komposit Besi-CMC tanpa pengeringan

No.	Nama Senyawa	JCPDS	2θ	Intensitas
1	Fe^0 atau besi bervalensi nol (bentuk: *cubic*, kisi:*body-centered*)	65,018(200)	65,115	11
2	Fe_3O_4 atau magnetit (bentuk: *cubic*, kisi: *face-centered*)	30,100(220)	30,1466	12
		47,177(331)	47,1683	16
		56,983(511)	56,995	5
		65,737(531)	65,7383	10
		66,847(442)	66,835	15
		70,927(620)	70,91	18
3.	α-Fe_2O_3 atau hematit(bentuk: *rhombohedral*, kisi:*Rhomb-centered*)	39,373(006)	39,3	4
		49,480(024)	49,47	12
		54,091(116)	54,086	9
		57,429(122)	57,42	7
		57,715(018)	57,7066	20
		62,636(214)	62,68	18
		66,236(125)	66,285	9
		69,640(208)	69,6925	13
		72,136(1010)	72,1875	18
		75,430(220)	75,44	6
		79,049(223)	79,0237	12
4	γ-Fe_2O_3 atau maghemit(bentuk: *cubic*, kisi: *primitive*)	35,659(311)	35,623	23
		38,879(320)	38,8975	12
		57,321(511)	57,3216	6
		68,314(610)	68,3282	13
		69,368(611)	69,39	6
5	γ-Fe_2O_3 atau maghemit(bentuk: tetragonal, kisi: *primitive*)	11,177(101)	11,12	22
		15,003(103)	15,0483	3
		16,619(112)	16,64	12
		17,452(103)	17,48	13
		30,528(116)	30,5683	16
		32,487(205)	32,4266	20
		40,415(316)	40,4246	20
		53,852(212)	53,8729	10
		63,011(4012)	63,0143	17
		70,548(2015)	70,5233	20

		71,882(2115)	71,8413	18
		79,549(4412)	79,5525	10
6	γ-FeO(OH) atau geotit (bentuk: tetragonal, kisi: *body-centered*)	11,933(110)	11,9	2
		16,907(200)	16,945	23
		23,998(220)	23,95	15
		26,881(130)	26,835	20
		43,141(321)	43,1	2
		52,337(600)	52,3367	29
		53,129(501)	53,15	18
		70,081(701)	70,0708	20
		73,377(332)	73,3954	19
		78,438(750/152)	78,45	5
7	Oksida besi lainnya:			
	a) FeO. 9O2O (bentuk: *cubic*, kisi: *primitive*)	25,821(322)	25,8862	22
		29,351(330)	29,3383	14
		30,174(331)	30,1466	12
		38,181(521)	38,1191	20
		41,989(600)	41,985	11
		44,378(620)	44,3545	25
		51,011(640)	51	22
		54,602(731)	54,68	11
		66,807(920)	66,835	15
	b) Fe3+O(OH) (bentuk: *orthorhombic*, kisi: *primitive*)	26,322(120)	26,3225	21
		34,700(021)	34,7	25
		36.055(040)	36,005	6
		39,984(121)	39,92	7
		61,322(320)	61,34	2
	c) Fe+2Fe2+3O4 (bentuk: *cubic*, kisi: *face-centered*)	37,052(222)	37,05	7
		53,391(422)	53,3611	18
		65,743(531)	65,7383	10
		70,924(620)	70,91	18
8	$Fe(OH)_3$ (bentuk: *cubic*)	48,016(-)	48,04	17
		50,458(400)	50,405	21
	$Fe(OH)_3$	21,24	21,295	21
		60,25	60,24	5
		67,977	67,94	14
9	$NaBH_4$ (bentuk: *cubic*, kisi: *face-centered*)	20,456(002)	20,4166	18
		29,093(022)	29,04	7
		34,210(113)	34,2309	14
10	Fe_2B (bentuk: tetragonal, kisi : *body-centered*)	28,527 (110)	28,5337	21
		52,606(212)	52,6568	12
11	FeB *orthorhombic* (kisi:	54,879(130)	54,8598	21

	primitive)	56,272(220) 72,720(022)	56,29 72,7517	2 25
12	$FeSO_4$	25,27	25,2	2
13	H_3BO_3 (bentuk: *Anorthic*, kisi: *Primitive*)	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)	14,689 18,460 19,271 21,036 26,835 28,002 29,515 33,776 36,575 37,438 40,227 41,635	6 13 9 11 20 18 11 13 9 11 15 10
14	BO_4 (bentuk: *orthorhombic*, kisi: *End-centered*)	45,636(131) 60,099(202) 62,285(240) 78,453(312)	45,655 60,040 62,246 78,450	9 2 16 5

b) Tabel 2 Karakterisasi XRD sampel kering komposit Besi-CMC

No.	Nama Senyawa	JCPDS	2θ	Intensitas
1	Fe^0 atau besi bervalensi nol (bentuk: *cubic*, kisi: *body-centered*)	44,671(110)	44,9233	9
2	Fe_3O_4 atau magnetit (bentuk: *cubic*, kisi: *face-centered*)	37,158(222) 43,088(400) 53,455(422) 65,737(531) 74,026(533) 75,028(622)	37,1333 43,075 53,4553 65,72 74,0033 75,03	11 8 14 3 10 20
3.	α-Fe_2O_3 atau hematit(bentuk: *rhombohedral*, kisi: *Rhomb-centered*)	24,759(012) 33,279(104) 35,740(110) 43,640(202) 49,554(024) 52,831(116) 54,091(116) 56,339(211) 57,743(018) 62,451(214) 65,361(214) 67,761(119)	24,7708 33,26 35,7233 43,625 49,585 52,82 54 56,375 57,7433 62,475 65,365 67,78	7 23 14 10 2 6 9 11 10 10 2 13

		69,301(300)	69,31	8
		72,136(1010)	72,1466	11
		75,513(220)	75,5666	12
		77,782(0210)	77,7733	16
		79,049(223)	79,01	11
		79,768(131)	79,7966	6
4	γ-Fe_2O_3 atau maghemit(bentuk: *cubic*, kisi: *primitive*)	30,265(220)	30,2573	11
		53,779(422)	53,77	10
		54,972(430)	54,955	7
		68,314(610)	68,365	12
5	γ-Fe_2O_3 atau maghemit(bentuk: tertragonal, kisi: *primitive*)	12,995(101)	12,975	9
		21,405(113)	21,42	4
		43,340(0012)	43,34	6
		47,330(316)	47,395	12
		57,364(406)	57,3583	7
		64,822(500)	64,88	2
		79,549(4412)	79,5566	5
6	γ-FeO(OH) atau geotit (bentuk: tetragonal, kisi: *body-centered*)	26,881(130)	26,86	21
		66,789(222)	66,715	3
		67,414(541)	67,4916	5
		70,081(701)	70,08	17
		73,377(332)	73,3175	12
		74,665(242)	74,6	13
7	Oksida besi lainnya:			
	a) FeO. 9O2O (bentuk: *cubic*, kisi: *primitive*)	11,873(111)	11,84	8
		16,821(211)	16,8516	11
		21,769(310)	21,7866	15
		23,876(222)	23,8915	23
		30,977(420)	30,9	16
		34,019(422)	34,006	9
		41,989(600)	41,965	5
		48,876(444)	48,87	3
		53,084(642)	53,08	4
		56,092(651)	56,04	1
		58,040(811)	58,089	11
		58,520(733)	58,5566	10
		59,473(742)	59,4866	18
		59,947(653)	59,9175	18
		60,886(660)	60,802	14
		66,361(842)	66,3666	10
	b) Fe3+O(OH)	34,7(021)	34,76	5

	(bentuk: *orthorhombic*, kisi: *primitive*)	39,080(200) 51,507(141) 59,023(151) 61,384(002) 69,824(260)	39,0166 51,51 59,0394 61,3133 69,84	11 12 18 10 8
	c) Fe+2Fe2+3O4 (bentuk: *cubic*, kisi: *face-centered*)	43,052(400) 65,743(531)	43,075 65,72	8 3
8	$Fe(OH)_3$ (bentuk: *cubic*)	50,458(400) 61,918	50,41 61,95	13 12
	$Fe(OH)_3$	36,4 38,081	36,445 38,0933	10 4
9	$NaBH_4$ (bentuk: *cubic*, kisi: *face-centered*)	17,683(111) 45.440(133)	17,6006 45,4291	34 8
10	Fe_2B (bentuk: tetragonal, kisi : *body-centered*)	30,910(111) 67,036(310)	30,9 67,0933	16 3
11	FeB *orthorhombic* (kisi: *primitive*)	27,258(110) 41,211(111) 63,032(002)	27,26 41,2516 63,0533	13 11 13
12	$FeSO_4$	25,270	25,270	7
13	H_3BO_3 (bentuk: *Anorthic*, kisi: *Primitive*)	14,670(110) 18,493(011) 19,270(111) 25,959(110) 29,956(201) 37,176(102) 40,090(310) 44,410(321)	14,661 18,460 19,180 25,953 29,980 37,133 40,050 44,450	9 6 20 9 12 11 10 11
14	BO_4 (bentuk: *orthorhombic*, kisi: *End-centered*)	39,752(130) 45,636(131/220)	39,720 45,650	1 9

c) Tabel 3 Karakterisasi XRD sampel kering komposit Besi-CMC reduksi dan adsorpsi larutan Cu^{2+}

No.	Nama Senyawa	JCPDS	2θ	Intensitas
1	Fe^0 atau besi bervalensi nol (bentuk: *cubic*, kisi: *body-centered*)	44,671(110) 65,01	44,7 65,1	13 16
2	Fe_3O_4 atau magnetik (bentuk: *cubic*, kisi:	53,563(422) 71,142(620)	53,51 71,146	18 26

	face-centered)	79,171(444)	79,1633	4
3.	α-Fe_2O_3 atau hematit(bentuk: *rhombohedral*, kisi: *Rhomb-centered*)	49,554(024) 54,091(116) 56,152(211) 66,212(300) 69,794(208) 71,937(1010) 77,991(036) 78,760(223)	49,5525 54,06 56,158 66,2 69,7312 71,9381 77,98 78,695	7 10 11 10 26 15 37 12
4	γ-Fe_2O_3 atau maghemit(bentuk: *cubic*, kisi: *primitive*)	46,110(330) 56,154(510) 71,441(620)	46,1843 56,158 71,47	21 11 12
5	γ-Fe_2O_3 atau maghemit(bentuk: tetragonal, kisi: *primitive*)	12,995(101) 15,003(103) 17,452(103) 24,086(105) 27,770(203) 60,676(2115) 63,501(2212)	12,9833 15,055 17,4666 24,0133 27,724 60,684 63,5964	13 5 13 10 15 27 13
6	γ-FeO(OH) atau geotit (bentuk: tetragonal, kisi: *body-centered*)	11,933(110) 50,756(350) 64,015(460/202) 67,424(361) 68,129(132) 74,665(242)	11,925 50,7875 64,0043 67,44 68,1025 74,6	16 15 21 2 16 31
7	Oksida besi lainnya:			
	a) FeO. 9O2O (bentuk: cubic, kisi: primitive)	29,351(330) 36,152(333) 44,378(620) 46,104(533) 49,952(710) 51,011(640) 53,055(721) 55,598(650) 58,520(733) 62,741(662) 63,199(832)	29,3 36,12 44,3025 46,1843 49,95 51,0575 53,0225 55,575 58,56 62,74 63,1725	17 28 13 21 15 6 12 20 18 8 13
	b) Fe3+O(OH) (bentuk: orthorhombic, kisi:primitive)	73,189(042)	73,1783	13
	c) Fe+2Fe2+3O4 (bentuk: *cubic*,	30,095(220)	30,091	20

	kisi: *face-centered*)			
8	$Fe(OH)_3$ (bentuk: *cubic*)	26,4 46,905 59,188 60,25	25,5067 46,8085 59,31 60,158	24 18 12 20
	$Fe(OH)_3$	53,057 61,918	53,0225 62,0885	12 12
9	$NaBH_4$ (bentuk: *cubic*, kisi: *face-centered*)	17,683(111)	17,66	68
10	Fe_2B (bentuk: tetragonal, kisi : *body-centered*)	58,252(114) 67,035(310)	58,24 67,03	16 12
11	FeB (bentuk: *orthorhombic* , kisi: *primitive*)	39,550(120) 72,720(022)	39,5816 72,7416	12 25
12	Cu atau logam tembaga(bentuk: *cubic*, kisi: *face-centered*)	43,640(111) 50,800(200) 74,126(220) 55,469(111)	43,6608 50,7875 74,2 55,575	10 15 30 20
13	Cu_2O (bentuk: *cubic*, kisi: *primitive*)	65,582(221)	65,555	19
14	CuO(bentuk: *monoclinic*, kisi: *end-centered*)	61,567(113) 68,137(220)	61,55 68,1025	9 16
15	$Cu(OH)_2$(bentuk: *orthorhombic*, kisi: *end-centered*)	47,059(112) 63,690(043) 64,735(152) 75,939(241)/222	47 63,5964 64,76 75,94	3 13 12 50
16.	Cu2+SO4.5H2O (bentuk: *anorthic*, kisi: *primitive*)	19,028(110) 24,920(201) 25,575(030) 33,316(212) 36,866(141) 37,359(231) 38,921(301) 40,660(321) 43,014(041) 45,762(042) 46,131(203) 47,434(320) 19,520	19,042 24,9666 25,5043 33,3266 36,88 37,375 38,9075 40,685 43,0126 45,78 46,1843 47,495 19,520	14 7 12 7 14 15 18 11 6 6 21 13 10

12	$FeSO_4$	23,350 25,820 29,860 18,493(011)	23,233 25,926 29,834 18,510	21 13 14 8
13	H_3BO_3 (bentuk: *Anorthic,* kisi: *Primitive*)	35,176(102) 40,276(210)	35,160 40,272	25 11
14	BO_4 (bentuk: *orthorhombic,* kisi: *End-centered*)	75,341(331)	75,340	43

2. Karakterisasi FTIR untuk ikatan CMC dengan partikel besi

a) Tabel 4.1 Data FT-IR berdasarkan ikatan CMC dengan partikel besi

Bilangan gelombang (1/cm)			
0,1 w/v% CMC-partikel besi (S. tanpa pengeringan)	0,2 w/v% CMC-partikel besi (S.tanpa pengeringan)	0,3 w/v% CMC-partikel besi (S. tanpa pengeringan)	Ikatan
3441,01	3302,13	3340,71	O-H *Stretch*
2916,37	2846,93		*Stretching* C-H
1643,35	1604,77	1643,35	COO^- (*asymmetric*)
1411,89	1334,74	1365,60	COO^-(*symmetric*)
	1103,28		C-O-C *stretch* (RCH_2OCH_2R)
1095,57		1087,41	C-O *stretch* (RCH_2OH)
1018,41	1010,70	1018,41	C-O *stretch* (R_2CHOH)

B. Lampiran Perhitungan

1. Perhitungang karakterisasi XRD berdasarkan persentase senyawa yang terdapat dalam komposit Besi-CMC baik baik sampel tanpa pengeringan, sampel kering maupun sampel kering setelah reaksi reduksi dan adsorpsi pada ion logam Cu^{2+}.

   a. Tabel 4.2 Data XRD berdasarkan peningkatan kadar Oksida pada Fe^0 serta hasil reduksi, adsorpsi dan persipitasi Besi-CMC.

   Menggunakan persamaan:

$$Intesitas\ senyawa: \frac{Jumla\ h\ intensitas\ \ jenis\ \ senyawa}{Jumla\ h\ seluru\ h\ intensitas\ \ berbagai\ \ jenis\ \ seyawa\ \ yang\ \ terlibat}\ x\ 100\ \%$$

   Contoh: Magnetik $_{\text{S. basah CMC-nZVI}}: \frac{76}{1085}\ x\ 100\ \% = 7{,}005\ \%$

No.	Jenis-jenis senyawa	S. tanpa pengeringan Besi-CMC (%)	S. kering Besi-CMC (%)	S. kering Besi-CMC reduksi dan adsorpsi Cu^{2+} (%)
1	Magnetit	6,129	6,179	4,333
2	Fe^0	0,887	0,843	2,000
3	Hematite	10,323	16,948	8,666
4	Maghemit	19,435	8,427	9,479
5	Geotit	5,887	5,993	6,838
6	Besi oksida lain	28,871	37,640	13,812
7	$Fe(OH)_3$	6,290	3,652	6,635
8	$NaBH_4$	3,145	3,933	4,604
9	Fe_2B	2,661	3,089	1,896
10	FeB	3,871	3,464	2,505
11	Cu			5,078
12	CuO			1,693
13	Cu_2O			2,369
14	$CuSO_4.2H2O$			9,749
15	$Cu(OH)_2$			5,281
15	$FeSO_4$	0,161	0,655	3,927
16	H_3BO_3	11,774	8,239	2,979
17	BO_4	2,581	0,936	2,911

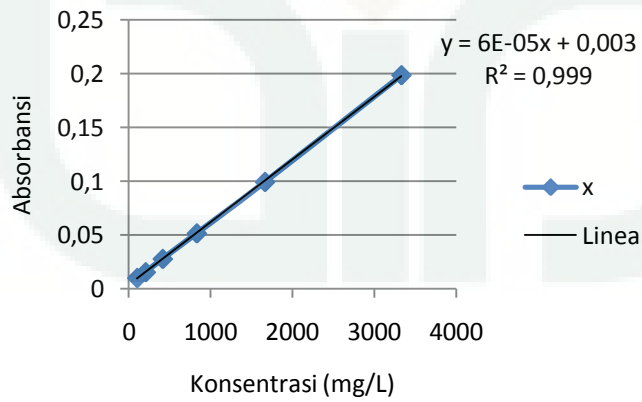
2. Perhitungan reduksi dan adsorpsi komposit Besi-CMC dengan Cu^{2+}.

a. Tabel 4 Pembuatan kurva kalibrasi CuSO4. $5H_2O$

λ_{max} = 816 nm

No.	Absorbansi	Konsentrasi (mg/L)
1	0,198	3333
	0,199	
	0,198	
2	0,099	1665,5
	0,099	
	0,100	
3	0,052	832,75
	0,052	
	0,051	
4	0,028	416,375
	0,029	
	0,027	
5	0,016	208,187
	0,015	
	0,016	
6	0,011	104,09
	0,010	
	0,010	

b. Data diperoleh kurva kalibrasi



Gambar 1 Kurva kalibrasi untuk standarisasi logam Cu^{2+} 0.013 M atau 3333 mg/L

Dari kurva didapatkan y = 6E-05x + 0.003, sehingga larutan stok Cu^{2+} dapat distandarisasi yaitu:

Diketahui: absorbansi larutan stok : 0.199, sehingga perhitungannya sebagai berikut:

$y = 6,x + 0{,}003$

$0{,}199 = 6,10^{-5}x + 0{,}003$

$x = \frac{0{,}199\ - 0{,}003}{6,10^{-5}}$

$x = 3281{,}6\ \text{mg/L}$

c. Absorbansi Cu^{2+} saat pH 1; 2; 3; 4 dan 5

- Perhitungan untuk pH 1 :

$y = 6,10^{-5}x + 0{,}003$

$0{,}104 = 6,10^{-5}x + 0{,}003$

$x = \frac{0{,}104 - 0{,}003}{6,10^{-5}}$

$x = 1683{,}3\ \text{mg/L}$

Tabel 5 Perhitungan pH awal Cu dengan variasi pH 1-5

No.	pH	Absorbansi	Konsentrasi (mg/L)
1	1	0,104	1683,3
		0,104	
2	2	0,200	3291,6
		0,201	
3	3	0,176	2883,3
		0,176	
4	4	0,190	3116,6
		0,190	
5	5	0,035	533,3
		0,035	

d. Absorbansi Cu^{2+} setelah di reduksi dan diabsorpsi oleh komposit Besi-CMC

- Perhitungan untuk pH 1 :

$$y = 6,10^{-5}x + 0{,}003$$

$$0{,}0846 = 6,10^{-5}x + 0{,}003$$

$$x = \frac{0{,}0846 - 0{,}003}{6,10^{-5}}$$

$$x = 1360 \text{ mg/L}$$

- Konsentasi total (mg/L) dari konsentrasi awal pH dikurangi dengan konsentrasi reduksi dan absorpsi komposit Besi-CMC

Perhitungan pH 1:

Konsentrasi total : $C_{\text{awal pH}} - C_{\text{komposit Besi-CMC}}$

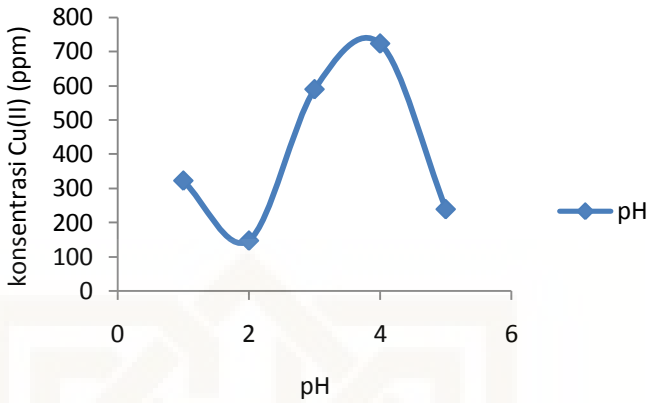
: (1683,3 -1360) mg/L

: 323,3 mg/L

Tabel 6 Konsentrasi Cu^{2+} berdasarkan pH setelah direduksi dan diadsorpsi dengan komposit Besi-CMC

No.	pH	Absorbansi	Rata-rata Absorbansi	Konsentrasi (mg/L)	Konsentrasi Total (mg/L)
1	1	0,085 0,084 0,085	0,0846	1360	323,3
2	2	0,191 0,191 0,193	0,1916	3143,3	148,3
3	3	0,140 0,139 0,143	0,1406	2293,3	590
4	4	0,144 0,148 0,148	0,1406	2393,3	723,3
5	5	0,021 0,020 0,021	0,0206	293,33	239,97

➢ Dari Tabel perhitungan pH, diperoleh grafik sebagai berikut:



Gambar 4.7 Hasil reduksi dan adsorpsi komposit Besi-CMC larutan Cu^{2+} berdasarkan pH 1, 2, 3, 4 dan 5.

e. Absorbansi Cu^{2+} berdasarkan waktu kontak 30; 60; 90; 150; 210; 240; 300; 360; 420; 480 dan 540 menit

Absorbansi awal pH 4 Cu^{2+} :

Konsentrasi pH 4 Cu^{2+}:

$y = 6,10^{-5}x + 0{,}003$

$= 6,10^{-5}x + 0{,}003$

$$x = \frac{0{,}202 - 0{,}003}{6,10^{-5}}$$

$x = 3311$ mg/L

Konsentrasi Total : $C_{\text{awal pH4}} - C_{\text{komposit Besi-CMC}}$

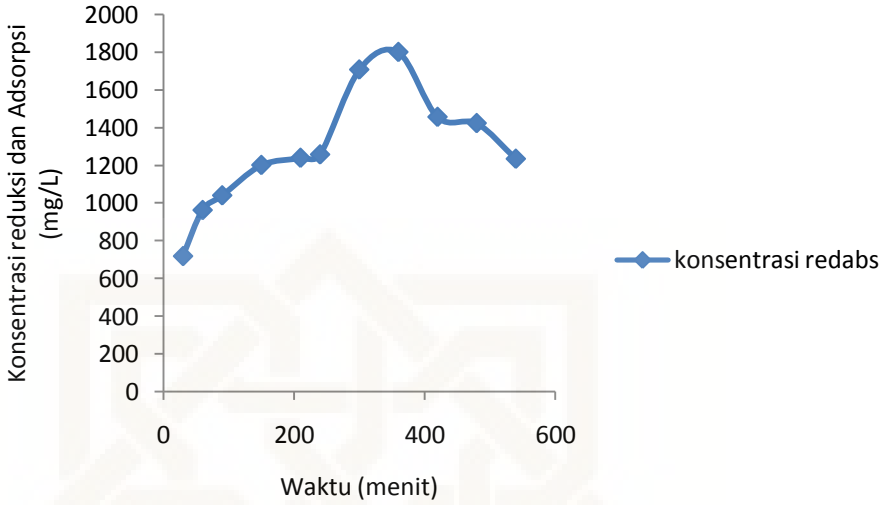
: 3311 mg/L – 2594,4 mg/L

: 717 mg/L

Tabel 7 Variasi waktu kontak konposit Besi-CMC dengan Cu^{2+}

No.	Waktu Kontak (menit)	Absorbansi	Konsentrasi (mg/L)	Konsentasi Total (mg/L)
1	30	0,159	2594.4	717
		0,158		
		0,159		
2	60	0,147	2350	961
		0,143		
		0,142		
3	90	0,139	2272	1039
		0,140		
		0,139		
4	150	0,130	2111	1200
		0,129		
		0,129		
5	210	0,128	2072	1238
		0,127		
		0,127		
6	240	0,126	2055	1256
		0,126		
		0,127		
7	300	0,099	1605	1706
		0,099		
		0,106		
8	360	0,094	1511	1799
		0,093		
		0,094		
9	420	0,114	1855	1455
		0,114		
		0,115		
10	480	0,117	1888	1422
		0,116		
		0,116		
11	540	0,128	2077	1233
		0,127		
		0,128		

➢ Dari Tabel perhitungan waktu kontak, diperoleh grafik sebagai berikut:

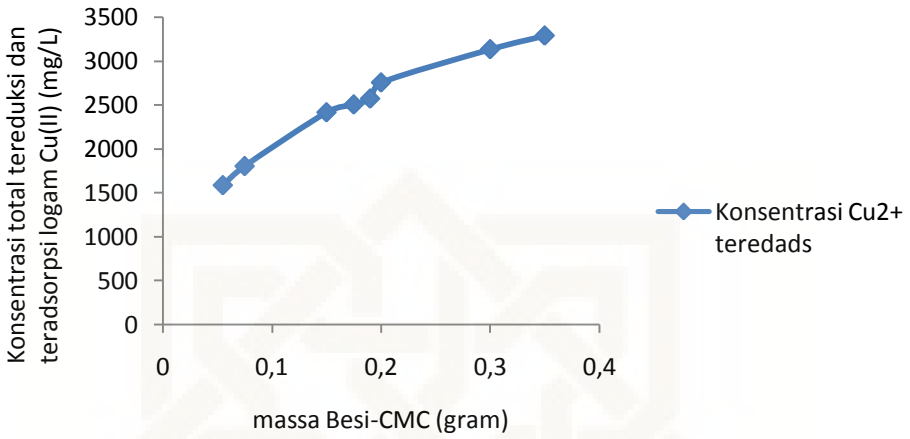


Gambar 4.8 a) Grafik variasi waktu dengan konsentrasi tetap larutan Cu^{2+} 0,013 M atau 3333 mg/L.

f. Tabel 8 Absorbansi Cu^{2+} berdasarkan konsentrasi komposit Besi- CMC

No.	Konsentrasi (gram)	Absorbansi	Konsentrasi (mg/L)	Konsentasi Total (mg/L)
1	0,055	0,106 0,107 0,106	1722	1588
2	0,075	0,093 0,094 0,093	1505	1805
3	0,150	0,057 0,057 0,056	894	2416
4	0,175	0,051 0,052 0,051	805	2505
5	0,190	0,048 0,047 0,047	728	2572
6	0,200	0,036 0,037 0,036	555	2755
7	0,300	0,013 0,014 0,014	177	3133
8	0,35	0,004 0,005 0,004	22	3288

➢ Dari Tabel perhitungan konsentrasi komposit Besi-CMC,diperoleh grafik sebagai berikut:



Gambar 4.9 Grafik variasi konsentrasi massa komposit Besi-CMC dengan konsentrasi tetap larutan Cu^{2+} 0,013 M atau 3333 mg/L.

g. Tabel 9 Perhitungan metode Langmuir dan metode Freundlich untuk reduksi atau adsorpsi

(Ce)ppm	V(L)	mass Absoben(g)	Qe	Ce/Qe	Ce(mg/L)
1722	0,015	0,055	433,4	3,974	1722
1505	0,015	0,075	361,2	4,167	1505
894	0,015	0,15	241,7	3,699	894
805	0,015	0,175	214,8	3,748	805
728	0,015	0,19	203,9	3,570	728
555	0,015	0,2	206,7	2,685	555
177	0,015	0,3	156,7	1,129	177
22	0,015	0,35	140,9	0,156	22

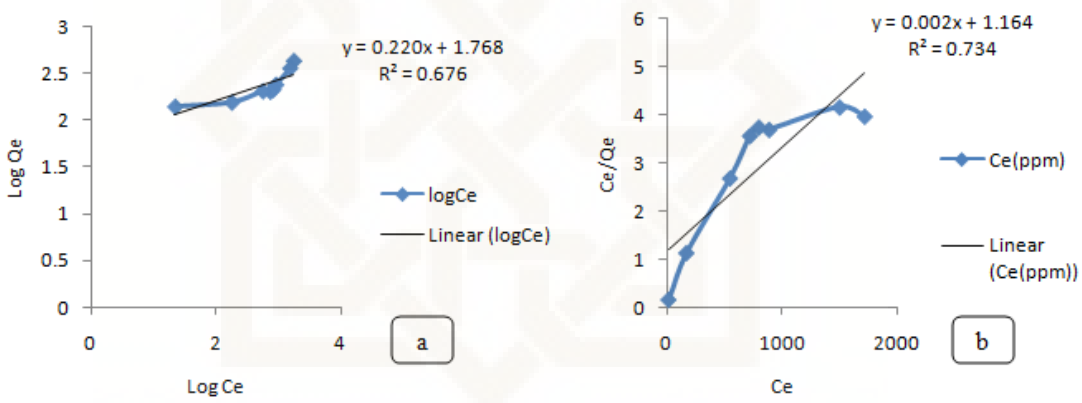
Tabel 10 a) Perhitungan Langmur dan b) Perhitungan Freundlich

log Qe	logCe
2,637	3,236
2,558	3,178
2,383	2,951
2,332	2,906
2,309	2,862
2,315	2,744
2,195	2,248
2,149	1,342

a

Co	Co/Ce
0,055	3,194E-05
0,075	4,983E-05
0,15	0,000168
0,175	0,000217
0,19	0,000261
0,2	0,000360
0,3	0,00169
0,35	0,0159

b



Gambar 4.10 a) Grafik Freundlich dengan R^2= 0.676 dan b) Grafik Langmuir dengan R^2= 0,734

3. Perhitungan konsentrasi $FeSO_4.7H_2O$ dan $NaBH_4$ sebagai berikut:

Mr $NaBH_4$ = 37,83 g/mol

Mr $FeSO_4.7H_2O$ = 278,0146 g/mol

a) Menghitung massa yang ditimbang untuk 10 mL larutan $FeSO_4$.

$7H_2O$ konsentrasi 0,065 M

$$mol\ FeSO_4.7H_2O = 0{,}065\ \frac{mol}{L} x\ 0{,}01\ L = 6{,}5\ x\ 10^{-4} mol$$

$$gram\ FeSO_4.7H_2O = 6{,}5\ x\ 10^{-4} mol\ x\ 278{,}0146\ g/mol$$

$$= 0{,}1087\ gram$$

$$mol\ NaBH_4 = 1\ \frac{mol}{L} x\ 0{,}002\ L = 2\ x\ 10^{-3} mol$$

$$gram\ NaBH_4 = 2x\ 10^{-2} mol\ x\ 37{,}83\ g/mol$$

$$= 0{,}07566\ gram$$

$$gram\ CMC = 0.2\ w/v = 0{,}2\ gram\ untuk\ 100\ mL,$$

$$sehingga\ untuk\ 0{,}02\ g\ untuk\ 10\ mL$$

b) Menghitung massa yang ditimbang untuk 20 mL larutan $FeSO_4$. $7H_2O$ konsentrasi 0,719 M

$$mol\ FeSO_4.7H_2O = 0{,}719\ \frac{mol}{L} x\ 0{,}02\ L = 1.438\ x\ 10^{-2} mol$$

$$gram\ FeSO_4.7H_2O = 1{,}438\ x\ 10^{-2} mol\ x\ 278{,}0146\ g/mol$$

$$= 4\ gram$$

$$mol\ NaBH_4 = 2{,}157\ \frac{mol}{L} x\ 0{,}004\ L = 8{,}628\ x\ 10^{-3}\ mol$$

$$gram\ NaBH_4 = 8{,}628\ x\ 10^{-3} mol\ x\ 37{,}83\ g/mol$$

$$= 0{,}326\ gram$$

Jika CMC 0,02 gram untuk konsentrasi $FeSO_4$ sebesar 0,065, maka konsentrasi CMC sebesar 0,221 gram untuk konsentrasi 0,719 M.

C. Lampiran Gambar

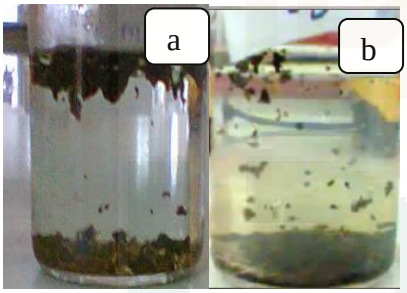
Gambar 2 Hasil sintesis komposit Besi-CMC dengan konsentrasi 0.179M

Gambar 3 Hasil pengeringan komposit Besi-CMC dengan vakum *dessicator*.

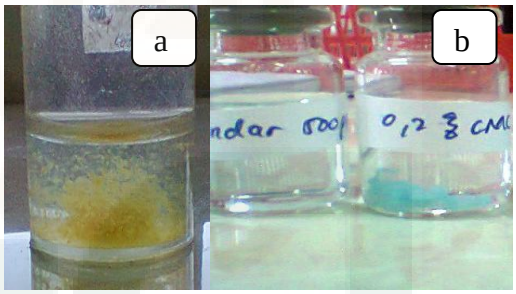
Gambar 4 a) sampel tanpa pengeringan Besi-CMC mengalami oksidasi, b) pengeringan Besi-CMC hasil reduksi dan adsorpsi Cu^{2+}, dan c) pengeringan Besi-CMC yang telah mengalami oksidasi.

Gambar 5 Pengujian agglomerasi komposit Besi-CMC dari 1 hari-2 minggu

Gambar 6 Pengendapan logam Cu^{2+} berdasarkan variasi pH 1-5 dengan H_2SO_4 dan NaOH



Gambar 7 a) Sampel tanpa pengeringan dan b)Sampel kering komposit Besi-CMC dalam melakukan reduksi dan adsorpsi Cu^{2+}



Gambar 8 a) hasil reduksi dan adsorpsi komposit Besi-CMC terhadap Cu^{2+}, b) CMC melakukan adsorpsi logam Cu^{2+}.

CURRICULUM VITAE

Nama	: Anita Sari
Tempat Tanggal lahir	: Sukoharjo, 18 Agustus 1993
Alamat Asal	: Kunden rt 01/ Rw 09, Kec. Bulu, Kab. Sukoharjo.
Alamat sekarang	: Baciro, Gendeng no. 983 Rt 85/ Rw 20 YK
Nomor Hp	: 085728528945
Email	: anita123.sari123@gmail.com
Pendidikan Formal	: 1. SD Negeri 03 Kunden (1999-2005)
	2. SMP Negeri 01 Bulu (2005-2008)
	3. SMA Negeri 01 Bulu (2008-2011)
	4. UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta (2011-2015)
Pengalaman Kerja	: 1. Asisten Praktikum (2014-2015)