

**SINTESIS MAGNETIT TERMODIFIKASI ASAM GALAT ($\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$)
DENGAN METODE KOPRESIPITASI-SONOKIMIA UNTUK
ADSORPSI-REDUKSI $[\text{AuCl}_4]^-$**

**Skripsi
Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat sarjana S1**



**Oleh :
Astuti Paweni
09630016**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2014**



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Pengajuan Munaqasyah

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 : Astuti Paweni

NIM : 09630016

Judul Skripsi : Sintesis Magnetit Termodifikasi Asam Galat ($\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$) dengan Metode Kopresipitasi-Sonokimia untuk Adsorpsi-Reduksi [AuCl_4]

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 bidang kimia.

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

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 8 Januari 2014

Pembimbing

Maya Rahmayanti, M.Si

NIP. 19810627 200604 2 003



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Nota Dinas Konsultan Skripsi

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 konsultan berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Astuti Paweni

NIM : 09630016

Judul Skripsi : Sintesis Magnetit Termodifikasi Asam Galat (Fe_3O_4 -AG) dengan Metode Kopersipitasi-Sonokimia untuk Adsorpsi-Reduksi $[\text{AuCl}_4]$

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 Bidang Kimia.

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 5 Februari 2014

Konsultan

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



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Nota Dinas Konsultan Skripsi

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 konsultan berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Astuti Paweni

NIM : 09630016

Judul Skripsi : Sintesis Magnetit Termodifikasi Asam Galat ($\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$) dengan Metode Kopresipitasi-Sonokimia untuk Adsorpsi-Reduksi $[\text{AuCl}_4]^-$

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 bidang kimia.

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 5 Februari 2014

Konsultan

Karmanto, S.Si.,M.Sc

NIP. 19820504 200912 1 005

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Astuti Paweni
NIM : 09630016
Program Studi : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa Skripsi saya yang berjudul:

Sintesis Magnetit Termodifikasi Asam Galat ($\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$) dengan Metode Kopresipitasi-Sonokimia untuk Adsorpsi-Reduksi $[\text{AuCl}_4]$

merupakan hasil penelitian saya sendiri dan bukan duplikasi ataupun saduran dari karya orang lain kecuali pada bagian secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari adanya penyimpangan dalam karya ini maka tanggung jawab sepenuhnya ada pada penulis.

Yogyakarta, 8 Januari 2014

Penulis,



Astuti Paweni
NIM. 09630016



PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nomor : UIN.02/D.ST/PP.01.1/359/2014

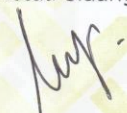
Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Sintesis Magnetit Termodifikasi Asam Galat ($\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$) dengan Metode Kopresipitasi-Sonokimia untuk Adsorpsi-Reduksi $[\text{AuCl}_4]^-$

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :
Nama : Astuti Paweni
NIM : 09630016
Telah dimunaqasyahkan pada : 21 Januari 2014
Nilai Munaqasyah : A

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

TIM MUNAQASYAH :


Ketua Sidang


Maya Rahmayanti, M.Si
NIP.19810627 200604 2 003

Penguji I

Penguji II


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


Karmanto, M.Sc
NIP.19820504 200912 1 005

Yogyakarta, 4 Februari 2014
UIN Sunan Kalijaga
Fakultas Sains dan Teknologi
Dekan




Prof. Drs. H. Ash. Minhaji, M.A, Ph.D
NIP.19580919 198603 1 002

HALAMAN MOTTO

***“Mohonlah pertolongan (kepada Allah) dengan sabar dan shalat,
sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar”***
(QS. Al-Baqarah : 153)

***“Ilmu menyebabkan terangnya pemikiran seseorang dan bercahayanya hati
seseorang”***
(Ali Bin Abi Thalib)

“No guts, no glory. So, you should be guts, to be glory”
(Bejamin Franklin)

“You will when you believe”
(a part of song *“when you believe”* by Mariah Carey feat Whitney Huston)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya ini penulis persembahkan untuk

Almamater Tercinta
Program Studi Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta



KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kepada Allah SWT. yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Sintesis Magnetit Termodifikasi Asam Galat (Fe_3O_4 -AG) dengan Metode Kopresipitasi-Sonokimia untuk Adsorpsi-Reduksi $[\text{AuCl}_4]$ ”** sebagai salah satu persyaratan mencapai derajat sarjana strata satu program studi kimia, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. Shalawat dan salam semoga senantiasa selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabatnya.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari berbagai pihak yang telah membantu, membimbing, serta mendukung penulis. Oleh karena itu, dengan penuh rasa *takdzim* penulis ingin mengucapkan terima kasih khususnya kepada:

1. Ibu dan Bapak tercinta selaku orang tua, terima kasih yang tak terhingga atas dukungannya kepada penulis.
2. Bapak Prof. Drs. H. Akh. Minhaji, MA, Ph.D., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Esti Wahyu Widowati, M.Si., M.Biotech., selaku Kepala Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Ibu Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan dan bimbingannya selama perkuliahan di prodi kimia.

5. Ibu Maya Rahmayanti, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah meluangkan waktunya dalam membantu, mengarahkan dan membimbing penulis dengan begitu sabar di dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Dosen-dosen Program Studi Kimia dan Pendidikan Kimia UIN Sunan Kalijaga yang telah memberikan ilmunya, semoga ilmu yang telah diberikan dapat bermanfaat.
7. Seluruh staff laboratorium terpadu UIN Sunan Kalijaga khususnya para Laboran Kimia (Bapak Wijayanto, S.Si., Bapak Indra Nafiyanto, S.Si., dan Ibu Isnii Gustanti., S.Si) yang telah banyak membantu, memberikan saran dan masukan kepada penulis selama penelitian berlangsung.
8. Staff dan karyawan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
9. Kakak-kakakku tercinta, Mas Eka, Mas Agus, Mba Yanti dan Mba Wiwin yang selalu mengingatkan akan tanggung jawab yang harus penulis selesaikan dan keluarga besar tercinta terimakasih atas cinta dan kasih sayang yang diberikan kepada penulis.
10. Teman-teman kimia 2009 Wafi, Khikmah, Nisa, Siwi, Andika, Wiqo, Mustofa, Naila, Nura, Defri, Andri, Riska, Anis, Nunung, Ula, Ifa, Eva, Tarno, Shelly, Zaki, Sofi dan lain-lainnya yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Terimakasih atas diskusi, canda tawa dan kebersamaannya.
11. Kakak-kakak tingkat, Lingga Binagara, Guliston Abdillah, Hilmi Hamidi, Wasis, Marifat, Moh. Rusdi, terima kasih atas diskusi dan arahan yang diberikan kepada penulis.

12. Mbak Fina, Wian, Syafi, dan Linda terimakasih atas kebersamaan, canda tawa, bantuan dan semangat yang diberikan kepada penulis.

13. Seluruh pihak yang telah banyak membantu selama penulis mulai kuliah hingga terselesaikannya skripsi ini.

Penulis tidak akan mampu membalas semua kebaikan yang telah diberikan, karena sesungguhnya hanya Allah SWT. yang dapat membalas segala kebaikan hamba-Nya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat kekurangan dan ketidaksempurnaan mekipun penulis telah berusaha untuk membuat skripsi ini sebaik mungkin. Saran dan kritik yang membangun dari para pembaca penulis terima dengan tangan terbuka demi perbaikan di masa mendatang. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Yogyakarta, Januari 2014

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR	ii
NOTA DINAS KONSULTAN	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	v
PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR	vi
HALAMAN MOTTO	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
INTISARI	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Batasan Masalah.....	5
C. Rumusan Masalah	5
D. Tujuan Penelitian.....	6
E. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	7
A. Tinjauan Pustaka	7
B. Dasar Teori.....	10

1. Emas	10
2. Magnetit (Fe_3O_4)	12
3. Asam Galat	16
4. Kopresipitasi.....	17
5. Sonokimia.....	18
6. Adsorpsi	21
6.1 Isoterm Adsorpsi	22
7. <i>Fourier Transformation Infra Red</i> (FTIR).....	23
8. Spektroskopi Serapan Atom (SSA).....	26
9. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	31
A. Waktu dan Tempat Penelitian	31
B. Instrumen Penelitian.....	31
1. Alat Penelitian	31
2. Bahan Penelitian.....	32
C. Prosedur Penelitian.....	32
1. Preparasi larutan asam galat.....	32
2. Preparasi magnetit termodifikasi asam galat ($\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$).....	32
3. Uji kemagnetan magnetit termodifikasi asam galat ($\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$)	33
4. Titrasi magnetit termodifikasi asam galat ($\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$) dengan NaOH 0,001 M	33
5. Interaksi magnetit termodifikasi asam galat dengan ion $[\text{AuCl}_4]^-$..	33
a. Variasi pH.....	33

b. Variasi waktu interaksi	34
c. Variasi konsentrasi larutan H ₂ AuCl ₄	34
6. Uji kualitatif menggunakan mikroskop stereo	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
A. Sintesis Magnetit Termodifikasi Asam Galat (Fe ₃ O ₄ -AG)	36
B. Uji Kemagnetan Magnetit Termodifikasi Asam (Fe ₃ O ₄ -AG)	38
C. Karakterisasi Magnetit Termodifikasi Asam Galat (Fe ₃ O ₄ -AG)	40
1. Karakterisasi Fe ₃ O ₄ -AG dengan <i>Fourier Transformation Infra Red</i> (FTIR).....	40
2. Karakterisasi Fe ₃ O ₄ -AG dengan <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	43
D. Titrasi Fe ₃ O ₄ -AG Menggunakan NaOH 0,001 M	44
E. Interaksi Fe ₃ O ₄ -AG dengan Ion [AuCl ₄] ⁻	46
1. Pengaruh pH terhadap adsorpsi-reduksi ion [AuCl ₄] ⁻ pada Fe ₃ O ₄ -AG	46
2. Pengaruh waktu interaksi terhadap adsorpsi-reduksi ion [AuCl ₄] ⁻ pada Fe ₃ O ₄ -AG	49
3. Isoterm adsorpsi-reduksi ion [AuCl ₄] ⁻ pada Fe ₃ O ₄ -AG.....	50
F. Karakterisasi Fe ₃ O ₄ -AG Sebelum dan Setelah Adsorpsi Menggunakan Fotomikroskop.....	53
BAB V PENUTUP	56
A. Kesimpulan	56
B. Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Hubungan persen distribusi kompleks Au(III) terhadap berbagai pH (Paclawski dan Fitzner, 2003).....	11
Gambar 2.2	a) Struktur kristal magnetit model <i>ball and stick</i> (Jeng dan Guo, 2002). b) model polihedral dengan struktur berlapis, oktahedral dan tetrahedral-oktahedral (Cornell dan Schwertmann, 2000).....	13
Gambar 2.3	Diagram Pourbaix menunjukkan stabilitas termodinamika berbagai fase besi oksida dan hidroksida pada berbagai pH (Pourbaix, 1974 dalam El-kharrag, 2011)	15
Gambar 2.4	Struktur asam galat	16
Gambar 2.5	Skema FTIR (Pavia, 2009)	26
Gambar 2.6	Transisi elektronik yang terjadi pada SSA	27
Gambar 2.7	Diagram Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)	27
Gambar 2.8	Difraksi sinar-x	30
Gambar 4.1	Uji kemagnetan Fe ₃ O ₄ -AG	39
Gambar 4.2	Spektra IR (A) asam galat; (B) magnetit; (C) magnetit-asam galat (Fe ₃ O ₄ -AG).....	40
Gambar 4.3	Difraktogram (A) magnetit. (B) magnetit-asam galat (Fe ₃ O ₄ -AG)	43
Gambar 4.4	Grafik hubungan pH Fe ₃ O ₄ -AG lawan volume NaOH.....	44
Gambar 4.5	Interaksi antara magnetit dengan asam galat	45
Gambar 4.6	Pengaruh pH terhadap adsorpsi-reduksi ion [AuCl ₄] ⁻ pada Fe ₃ O ₄ -AG	46
Gambar 4.7	Interaksi elektrostatik antara gugus -COOH dengan ion [AuCl ₄] ⁻	47
Gambar 4.8	Prediksi reaksi reduksi-oksidasi Au ³⁺ pada asam galat.....	49
Gambar 4.9	Grafik pengaruh waktu terhadap adsorpsi ion [AuCl ₄] ⁻ pada Fe ₃ O ₄ -AG	49

Gambar 4.10 Grafik pengaruh konsentrasi HAuCl_4 terhadap adsorpsi-reduksi ion $[\text{AuCl}_4]^-$ pada $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$	51
Gambar 4.11 Grafik isoterm Langmuir untuk $[\text{AuCl}_4]^-$ pada $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$	52
Gambar 4.12 Grafik isoterm Freundlich untuk $[\text{AuCl}_4]^-$ pada $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$	52
Gambar 4.13 Hasil foto mikroskop stereo (A) $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$ hasil sintesis; (B) $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$ setelah diinteraksikan dengan ion $[\text{AuCl}_4]^-$; (C) $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$ setelah diinteraksikan dengan ion $[\text{AuCl}_4]^-$ kemudian ditarik menggunakan medan magnet luar; (D) emas yang teradsorp pada $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$	54



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Jenis-jenis besi oksida.....	12
Tabel 4.1	Data serapan karakteristik Fe ₃ O ₄ -AG pada spektra IR.....	42
Tabel 4.2	Hasil perhitungan isoterm adsorpsi [AuCl ₄] ⁻ pada Fe ₃ O ₄ -AG	53



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.1	Spektra IR magnetit ($\text{Fe}^{2+}:\text{Fe}^{3+}$ yaitu 1:2).....	63
Lampiran 1.2	Spektra IR asam galat	64
Lampiran 1.3	Spektra IR magnetit termodifikasi asam galat.....	65
Lampiran 2.1	Standar JCPDS magnetit.....	66
Lampiran 2.2	Data difraktogram XRD magnetit.....	67
Lampiran 2.3	Data difraktogram magnetit-asam galat.....	70
Lampiran 3.1	Data hasil titrasi terhadap Fe_3O_4 -AG menggunakan NaOH 0,001 M.....	77
Lampiran 4.1	Kurva standar variasi pH	78
Lampiran 4.2	Data hasil pengamatan interaksi Fe_3O_4 -AG dengan ion $[\text{AuCl}_4]^-$ pada variasi pH.....	79
Lampiran 5.1	Kurva standar variasi waktu	80
Lampiran 5.2	Data hasil pengamatan interaksi Fe_3O_4 -AG dengan ion $[\text{AuCl}_4]^-$ pada variasi waktu.....	81
Lampiran 6.1	Kurva standar variasi konsentrasi.....	82
Lampiran 6.2	Data hasil pengamatan interaksi Fe_3O_4 -AG dengan ion $[\text{AuCl}_4]^-$ pada variasi konsentrasi HAuCl_4	83
Lampiran 6.3	Isoterm adsorpsi ion $[\text{AuCl}_4]^-$ pada Fe_3O_4 -AG	84
Lampiran 6.3.1	Isoterm Langmuir	85
Lampiran 6.3.2	Isoterm Freudlich.....	86
Lampiran 7.1	Galeri Foto.....	87

INTISARI

SINTESIS MAGNETIT TERMODIFIKASI ASAM GALAT ($\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$) DENGAN METODE KOPRESIPITASI-SONOKIMIA UNTUK ADSORPSI-REDUKSI $[\text{AuCl}_4]^-$

Oleh :
Astuti Paweni
09630016

Pembimbing :
Maya Rahmayanti, M.Si
19810627 200604 2 003

=====

Telah dilakukan sintesis magnetit termodifikasi asam galat ($\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$) menggunakan metode kopresipitasi-sonokimia dengan bantuan gelombang ultrasonik pada frekuensi 200 kHz. Proses sintesis dilakukan dalam satu tahap. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan adsorben yang ramah lingkungan yaitu magnetit termodifikasi asam galat, sebagai adsorben emas.

Padatan hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transformation Infra Red (FTIR)* dan *X-Ray Diffraction (XRD)*. Aplikasi dari $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$ selanjutnya digunakan untuk mengadsorp $[\text{AuCl}_4]^-$. Pengaruh pH adsorpsi, waktu interaksi, dan isoterm adsorpsi dipelajari dalam proses adsorpsi-reduksi $[\text{AuCl}_4]^-$. Emas yang teradsorp pada $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$ dikonfirmasi menggunakan fotomikroskop stereo.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$ dalam mengadsorp $[\text{AuCl}_4]^-$ optimum pada pH 3, waktu untuk mencapai kesetimbangan adsorpsi telah tercapai pada menit ke-15 dan model isoterm yang sesuai untuk adsorpsi $[\text{AuCl}_4]^-$ pada $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$ yaitu model isoterm Langmuir dengan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar $0,00042 \text{ mol.g}^{-1}$, nilai konstanta Langmuir (K_L) untuk adsorpsi $[\text{AuCl}_4]^-$ pada $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$ yaitu $476190,47 \text{ L.mol}^{-1}$ dan energi adsorpsinya sebesar $32,934 \text{ kJ.mol}^{-1}$.

Kata kunci : *magnetit, asam galat, adsorpsi, reduksi, $[\text{AuCl}_4]^-$, kopresipitasi, sonokimia.*

ABSTRACT

MAGNETITE SYNTHESIS MODIFICATED BY GALLIC ACID (Fe_3O_4 -GA) USING SONOCHEMISTRY-COPRECIPITATION METHOD FOR ADSORPTION-REDUCTION $[\text{AuCl}_4]^-$

By :
Astuti Paweni
09630016

Counselor :
Maya Rahmayanti, M.Si
19810627 200604 2 003

=====

Magnetite synthesis modiflicated by gallic acid (Fe_3O_4 -GA) using sonochemistry-coprecipitation method assisted by ultrasonic wave with 200 kHz frequency has been synthesized. Synthesized process has been accomplished in one step. This study is intended to develop environmental-friendly adsorbent, i.e magnetite synthesis modiflicated by gallic acid, as the adsorbent for gold recovery.

Product of synthesized was characterized using Fourier Transformation Infra Red (FTIR) and X-Ray Diffraction (XRD). Application of Fe_3O_4 -GA was used to adsorp $[\text{AuCl}_4]^-$. Influence of pH, term of interaction and adsorption isotherm on adsorption-reduction process $[\text{AuCl}_4]^-$ were studied. The gold adsorbed on Fe_3O_4 -GA was confirmed using stereo microscop optic.

The result of the study shows that Fe_3O_4 -GA on the adsorption $[\text{AuCl}_4]^-$ is optimum at pH 3, and the term to raise the adsorption balance is 15 minutes. Meanwhile, the appropriate model of isotherm to be absorbed on Fe_3O_4 -GA is Langmuir isotherm model with maximum capacity of adsorption was $0,00042 \text{ mol.g}^{-1}$, Langmuir constanta value adsorbed $[\text{AuCl}_4]^-$ on Fe_3O_4 -GA is $476190,47 \text{ L.mol}^{-1}$ and energy of adsorption is $32,934 \text{ kJ.mol}^{-1}$.

Keywords : *magnetite, gallic acid, adsorption, reduction, $[\text{AuCl}_4]^-$, coprecipitation, sonochemistry.*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Teknologi berkembang begitu cepat. Berbagai peralatan elektronik diciptakan untuk mempermudah kerja manusia. Dari tahun ke tahun selalu ada inovasi baru untuk menggantikan teknologi lama. Dengan demikian jumlah barang elektronik yang sudah tidak sesuai dengan teknologi yang sedang berkembang saat ini akan dibuang dan diganti dengan barang elektronik berteknologi baru. Akibatnya limbah elektronik semakin memenuhi tempat pembuangan sampah akhir dan dapat berpotensi mencemari lingkungan dan mengganggu kesehatan (Youssef dkk., 2012).

Menurut data *United Nations Environmental* (UNEP) (2009) menyatakan bahwa sampah elektronik dunia mencapai 40 juta ton per tahun. Namun proses pendaur ulangan masih dinilai minim. Produsen perangkat keras komputer (PC) hanya dapat melakukan pendaur ulangan 8,8-12,4% limbah PC, sedangkan produsen telepon selular mendaur ulang lebih rendah lagi, yaitu 2-3% (Burhani, 2008).

Upaya untuk mengatasi limbah elektronik ini sangat diperlukan untuk menjaga kelestarian sumber daya mineral yang tak terbarukan. Mendaur ulang merupakan salah satu cara untuk mengelola limbah elektronik yang diharapkan dapat memberikan manfaat yang besar untuk lingkungan dan industri (Jain, 2011). Sumber daya mineral dari limbah

elektronik yang berpotensi untuk didaur ulang yaitu logam berharga seperti emas, perak, tembaga dan paladium (Corti dan Hagelken, 2010).

Emas merupakan logam berharga yang penggunaannya cukup luas. Tidak hanya untuk perhiasan saja, tetapi emas juga dapat digunakan dalam bidang katalis (Carretin dkk., 2004), pengobatan (Sadler dan Sue, 1994) dan peralatan elektronik (Corti dan Hagelken, 2010; Youssef dkk., 2012). Berdasarkan survey dari *Gold Fields Mineral Services* (GFMS Ltd), London pada tahun 2010 menyatakan bahwa sekitar 300 ton emas digunakan dalam komponen elektronik (Corti dan Hagelken, 2010). Alasan penggunaan emas dalam komponen elektronik yaitu karena emas memiliki kemampuan yang baik dalam menghantarkan listrik dan tahan terhadap korosi (Syed, 2006).

Menurut Shibata dan Okuda (2002 dalam Ogata dan Nakano, 2005) melaporkan bahwa kandungan emas dalam telepon selular per tonnya lebih tinggi yaitu sebesar 200 g dibandingkan dalam bijihnya yang hanya mengandung 5-30 gram emas per ton bijih. Komponen *Printed Circuit Board* (PCB) juga memiliki kemurnian emas yang dapat mencapai lebih dari 10% (w/w) (Li dkk., 2007 dalam Ayuningrum, 2011). Berdasarkan keberadaan emas dalam barang elektronik seperti telepon selular dan PCB, maka limbah elektronik dapat dijadikan sumber alternatif untuk memperoleh emas.

Beberapa metode telah digunakan untuk memperoleh kembali (*recovery*) emas. Diantaranya yaitu metode sianida, amalgamasi

(menggunakan merkuri), dan hidrometalurgi. Namun metode tersebut banyak menggunakan bahan-bahan kimia berbahaya yang dapat berdampak buruk pada lingkungan dan kesehatan. Sementara itu metode presipitasi, pertukaran ion, dan ekstraksi pelarut yang juga digunakan untuk *recovery* emas dianggap kurang efektif dan tidak ekonomis (Huang dkk., 2010).

Metode alternatif untuk *recovery* emas yang ramah lingkungan yaitu dengan metode adsorpsi karena menghasilkan sedikit limbah dan biaya yang murah (Huang dkk., 2010). Saat ini telah digunakan beberapa bahan alam yang digunakan untuk *me-recovery* emas seperti gel tanin dari tanin alam terkondensasi (Ogata dan Nakano, 2005), tanin dari *bayberry* (Huang dkk., 2010), tanin persimon (Parajuli dkk., 2007; Gurung dkk., 2011) dan tanah humin (Dewi dkk., 2010). Kemampuan dari bahan-bahan tersebut didalam *me-recovery* emas dikarenakan memiliki kandungan gugus –COOH dan –OH yang dapat mengadsorp dan mereduksi Au(III).

Berdasarkan keberadaan gugus –OH dan –COOH untuk *me-recovery* emas dari larutan, penelitian ini mencoba menggunakan asam galat. Asam organik dengan rumus kimia $C_6H_2(OH)_3COOH$ ini biasanya terdapat dalam tumbuhan seperti teh (Saijo, 1981). Untuk memudahkan proses pemisahan emas yang telah direduksi menjadi Au(0) dari larutannya, asam galat akan melapisi magnetit (Fe_3O_4). Magnetit memiliki sifat ferimagnetik sehingga dapat memudahkan pemisahan antara adsorben dengan adsorbat menggunakan medan magnet luar.

Metode preparasi magnetit dapat dilakukan dengan beberapa cara, seperti hidrotermal, sol gel, elektrokimia dan kopresipitasi. Metode sol gel dan hidrotermal merupakan metode yang unggul dalam mengontrol ukuran partikel, tetapi waktu preparasinya lama, biayanya relatif mahal dan suhu kalsinasi yang tinggi. Sementara metode elektrokimia memiliki kecenderungan pengontrolan yang sangat ketat terhadap pengaturan arus dan voltase dalam proses elektro-oksidasi (Fajaroh, 2011). Metode kopresipitasi bisa dijadikan alternatif lain di dalam mensintesis magnetit karena metode tersebut sederhana dan paling efisien untuk memperoleh partikel magnetit. Dalam metode kopresipitasi digunakan dua jenis garam besi, yaitu fero dan feri dalam medium cairnya (Carlos dkk., 2013).

Pada penelitian ini proses sintesis magnetit termodifikasi asam galat ($\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$) dilakukan dengan metode kopresipitasi-sonokimia. Metode sonokimia merupakan metode pilihan lain didalam mensintesis magnetit. Metode sonokimia menggunakan gelombang ultrasonik dalam mensintesis suatu material. Mekanisme penyebab efek sonokimia yaitu karena adanya kavitasi akustik. Material sintesis terbentuk karena adanya pembentukan, pertumbuhan dan pemecahan gelembung kecil gas dalam suatu cairan yang dipecahkan oleh suara sehingga menyebabkan terjadinya pemanasan lokal hingga 5000 K dan tekanan yang tinggi (1000 atm) dengan waktu yang sangat pendek. Keadaan tersebut memungkinkan terjadinya homogenisasi unsur-unsur pembentuk dalam fasa amorf sehingga material

fasa kristalin dapat dihasilkan dengan temperatur yang lebih rendah (Suslick dan Price, 1999).

B. Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam penelitian ini tidak meluas, maka batasan masalah yang diambil adalah sebagai berikut:

1. Metode yang digunakan dalam preparasi $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$ adalah metode kopresipitasi-sonokimia dengan frekuensi getaran 200 kHz.
2. Sumber emas (Au) pada penelitian ini adalah larutan HAuCl_4 .
3. Interaksi $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$ dengan larutan HAuCl_4 dibatasi pada variasi pH 2, 3, 4, 5, 6 dan 7, variasi waktu 1, 2, 4, 10, 15, 30 dan 60 menit, serta variasi konsentrasi pada 10, 15, 25, 40,80, 100, 120 dan 150 mg.L^{-1} .
4. Model isoterm yang digunakan dalam penelitian ini yaitu model isoterm Freudlich dan Langmuir.

C. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik dari $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$ yang disintesis dengan metode kopresipitasi-sonokimia?
2. Bagaimana pengaruh pH dan waktu interaksi terhadap kemampuan adsorpsi-reduksi ion $[\text{AuCl}_4]^-$ oleh $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$?
3. Bagaimana model isoterm adsorpsi yang sesuai untuk ion $[\text{AuCl}_4]^-$ pada $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$?

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui karakteristik dari $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$ yang disintesis dengan metode kopresipitasi-sonokimia.
2. Mempelajari pengaruh pH dan waktu interaksi terhadap kemampuan adsorpsi-reduksi ion $[\text{AuCl}_4]^-$ oleh $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$.
3. Mempelajari model isoterm adsorpsi yang sesuai untuk ion $[\text{AuCl}_4]^-$ pada $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, diantaranya:

1. Memberikan informasi ilmiah mengenai adsorpsi logam emas menggunakan $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$.
2. Mengembangkan pengetahuan di bidang adsorpsi menggunakan $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$ sebagai adsorben yang ramah lingkungan untuk mendapatkan kembali emas.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan, diantaranya:

1. Karakteristik $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$ yang disintesis dengan metode kopresipitasi-sonokimia diketahui berupa padatan hitam agak mengkilat. Interaksi antara magnetit dengan asam galat diduga terjadi antara magnetit dengan gugus karboksilat pada asam galat. Berdasarkan data difraktogram diketahui bahwa $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$ memiliki puncak utama yang terletak pada sudut difraksi $29,88^\circ$; $35,36^\circ$; $43,42^\circ$; $53,14^\circ$; $57,16^\circ$ dan $62,72^\circ$.
2. Proses adsorpsi-reduksi ion $[\text{AuCl}_4]^-$ oleh $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$ optimum pada pH 3, sedangkan pengaruh waktu terhadap adsorpsi-reduksi ion $[\text{AuCl}_4]^-$ oleh $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$ diketahui bahwa pada menit ke-15 adsorpsi telah mencapai kesetimbangan.
3. Model isoterm yang sesuai untuk adsorpsi ion $[\text{AuCl}_4]^-$ pada $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$ adalah model isoterm Langmuir dengan asumsi bahwa permukaan $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$ adalah homogen dengan membentuk lapisan monolayer, dengan nilai R^2 adalah 0,9899 ($r = 0,994$), dan diketahui bahwa kapasitas adsorpsi maksimum dari $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$ terhadap ion $[\text{AuCl}_4]^-$ adalah $0,00042 \text{ mol.g}^{-1}$ dengan energi adsorpsinya adalah $32,934 \text{ kJ.mol}^{-1}$.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan berbagai keterbatasan, maka untuk pengembangan lebih lanjut disarankan untuk dilakukan beberapa penelitian sebagai berikut :

1. Perlu dicoba mensintesis menggunakan gas nitrogen.
2. Perlu dikaji kinetika adsorpsi $[\text{AuCl}_4]^-$ oleh $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$.
3. Perlu dilakukan karakterisasi terhadap adsorben setelah dilakukan interaksi dengan adsorbat menggunakan H-NMR, FTIR dan XRD.
4. Perlu dilakukan penelitian didalam pemisahan logam emas dari adsorben.
5. Perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh logam lain terhadap kemampuan adsorpsi dari $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$.
6. Perlu dilakukan penelitian dalam aplikasi adsorben menggunakan limbah elektronik yang mengandung emas.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamson, Arthur W., dan Alice P. Gast. 1997. *Physical Chemistry of Surfaces, Sixth Edition*. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- Ammand, L.E, dan C.J. Tullin. 1996. *The Theory Behind FTIR Analysis : Application Examples from Measurement at The 12 MW Circulating Fluidized Bed Boiler at Chalmers*. Lund : Department of Energy Conversion Chalmers, University of Technology SE-412 96 Goteborg, Sweden.
- Atkins, P.W. 1999. *Kimia Fisika*. Diterjemahkan oleh Kartahadiprojo Irma I. Jakarta : Erlangga.
- Ayuningrum, Retno. 2011. Aplikasi Asam Humat Termetilasi untuk Adsorpsi-Reduksi AuCl_4^- . *Skripsi*. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga : Yogyakarta.
- Borde, V.U., P.P Pangrikar dan Tekale S.U. 2011. Gallic Acid in Ayuverdic Herb and Formulations. *Recent Research in Science and Technology-Biochemistry*. 3(7). 51-54.
- Burhani, Ruslan. 2008. "Indonesia Sulit Kalkulasi Sampah Elektronik" (online), (<http://www.antaraneews.com/view/?i=1210165907&c=WBM&s>), diakses tanggal 21 Januari 2013.
- Carlos, Luciano., Fernando S. Gracia Einschlag., Monica C. Gonzalez dan Daniele O. Martire. 2013. Applications of Magnetite Nanoparticles for Heavy Metal Removal from Wastewater. *Intech*. Chapter 3. 64-77.
- Carrettin, Solvio., Paul McMorn., P. Johnston., Ken Griffin., Christopher J. Kiely., Gary A. Attarda., dan Graham J. Hutchings. 2004. Oxidation of Glycerol Using Supported Gold Catalysts. *Topics in Catalysis*. 27. 131-136.
- Cornell, R.M, dan U. Schwertmann. 2000. *The Iron Oxides: Structure, Properties, Reactions, Occurrences and Uses*. Weinheim : Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.
- Corti, Christopher W., dan Christian Hagelucken. 2010. Sustainable Recycling of Electronic Scrap. *Alchemist*. 10-11.
- Cotton, F.A., dan G. Wilkinson. 1989. *Kimia Anorganik Dasar.*, diterjemahkan oleh Sahati Suharto. 2007. Jakarta : UI Press.
- Creswell, C.J., Olaf A. Runquist., Malcom M. Campbell. 2005. *Analisis Spektrum Senyawa Organik*, diterjemahkan oleh Kosasih Padmawinata. Bandung : Penerbit ITB.

- Dewi, Shinta Rosalia., Eko Sri Kunarti., Dwi Siswanta., Sri Juara Santosa., Muefit Bahadir. 2010. Removal of AuCl_4^- from Aqueous Solution Through Reductive Adsorption on Peat Soil Humin. *The 2nd International Conference on Chemical Sciences and Proceeding*.
- Ebdon, L., A. Fisher., S.J, Hill dan E.H. Evans. 1998. *An Introduction to Analytical Atomic Spectrometry*. England : John Wiley & Sons Ltd.
- El-Kharrag, Rkia., Amr Amin., Yasier E. Grreish. 2011. Low Temperature Synthesis of Monolithic Mesoporous Magnetite Nanoparticles. *Ceramics International*. 07. 052.
- Eslami, A.C., Wanvimol Pasanphan., Brett A Wangner dan Garry R Buettner. 2010. Free Radicals Produced by The Oxidation of Gallic Acid: An Electron Paramagnetic Resonance Study. *Chemistry Central Journal*.4 (15). 1-4.
- Fajaroh, Fauziatul. 2011. Sintesis Nanopartikel Magnetit dengan Kemurnian Tinggi dan Ukuran Seragam Melalui Elektro-Oksidasi Besi dalam Air. *Disertasi*. Fakultas Teknologi Industri, Program Pascasarjana-Jurusan Teknik Kimia. Institut Teknologi Sepuluh November : Surabaya.
- Gogate, 2008. Cavitation Reactor for Process Intensification of Chemical Processing Applications : A critical review, *J. Chem. Eng and Procc*.
- Gurung, Manju., Birendra Babu Adhikari, Hidetaka Kawakita, Keisuke Ohto, Katsutoshi Inoue. 2011. Recovery of Au(III) by Using Low Cost Adsorbent Prepared from Persimmon Tannin Extract. *Chemical Engineering Journal*. 174. 556-563.
- Huang, Xin., Yanpin Wang., Xuepin Liao., dan Bi Shi. 2010. "Adsorptive Recovery of Au^{3+} from Aqueous Solutions Using Bayberry Tannin-Immobilized Mesoporous Silica". *Journal of Hazardous Materials*, 183. 793-798.
- Huang, Xin., Yanpin Wang., Xuepin Liao., dan Bi Shi. 2010. Adsorptive Recovery of Au^{3+} from Aqueous Solutions Using Bayberry Tannin-Immobilized Mesoporous Silica. *Journal of Hazardous Materials*. 183. 793-798.
- Illes, E., dan E. Tombacz. 2003. The Role of Variable Surface Charge and Surface Complexation in The Adsorption of Humic Acid on Magnetite. *J. Colloids Surfaces*. 230. 99-109.
- Islam, Md. Nazrul., Le Van Phong., Jong-Ryul Jeong., CheolGi Kim. 2011. A Facile Route to Sonochemical Synthesis of Magnetic Iron Oxide (Fe_3O_4) Nanoparticles. *Thin Solid Films*. 519. 8277-8279.

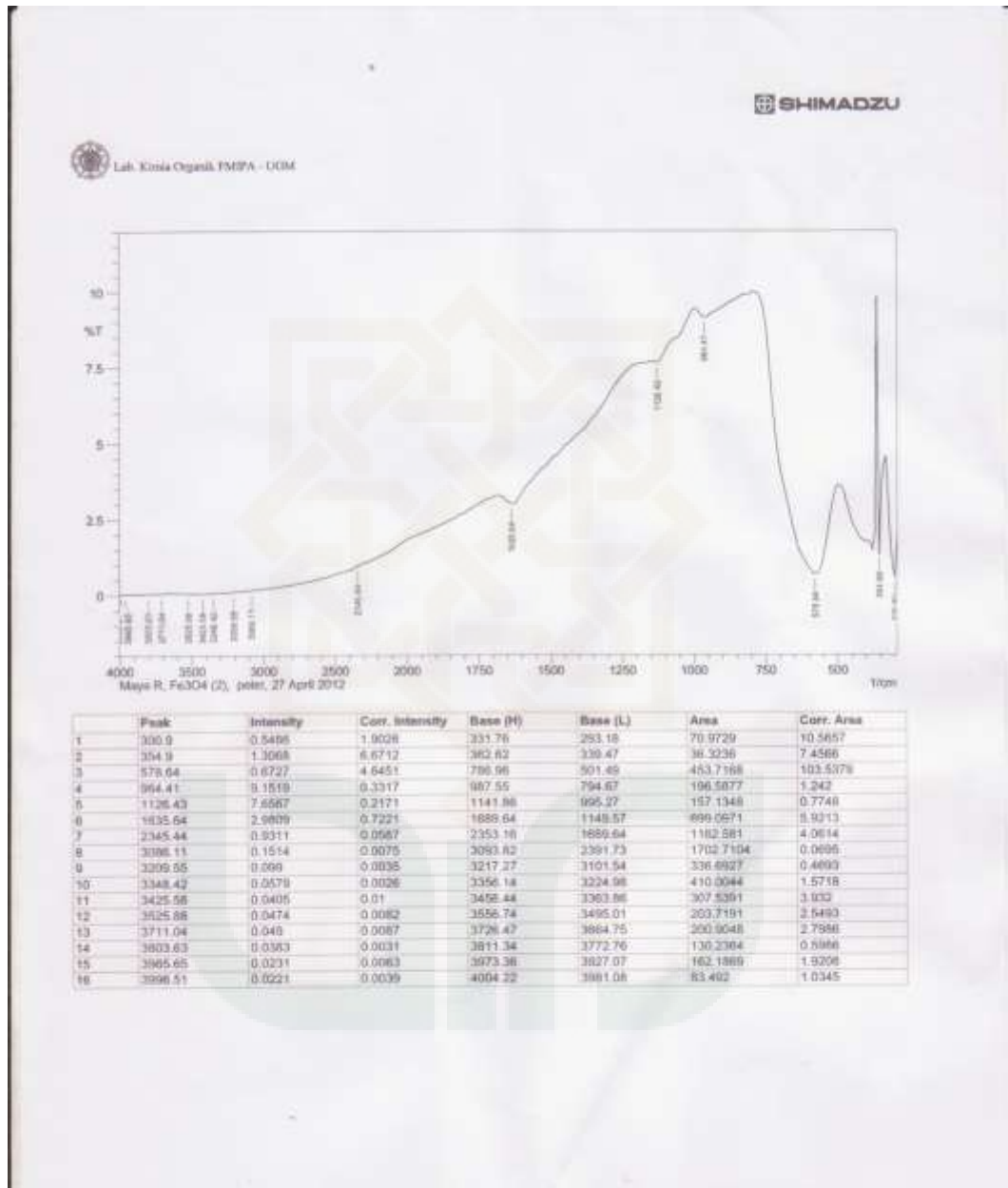
- Iwasaki, Tomohiro., Kazunori Kosaka., Naoya Mizutani., Satoru Watano., Takeshi Yanagida., Hidekazu Tanaka., Tomoji Kawwai. 2008. Mechanochemical Preparation of Magnetite Nanoparticles by Coprecipitation. *Materials Letters*. 62. 4155-4157.
- Jain, P.K. 2011. Recycling of Metal Scraps-a Positive Concept Leading to Augmentation of Reserve Base. *Mineral Economic*. 25. 45-51.
- Jeng, Horng-Tay., G.Y. Guo. 2002. First-Principles Investigations of The Electronic Structure and Magnetocrystalline Anisotropy in Strained Magnetite Fe₃O₄. *Physical Review B*. 65. 094429.
- Khopkar, S.M. 2008. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Diterjemahkan oleh A. Saptorahardjo dan Agus Nurhadi. Jakarta : UI press.
- Kim, Ki-Chul., Eung-Kwon Kim., Jae-Won Lee., Sung-Lyul Maeng., Young Sung Kim. 2007. Synthesis and Characterization of Magnetite Nanopowders. *Current Applied Physics*. 8. 758-760.
- Kloprogge, J.T., Leisel Hickey., Ray L. Frost. 2004. The Effects of Synthesis pH and Hydrothermal Treatment on the Formation of Zinc Aluminium Hydroxaltes. *Journal of Solid State Chemistry*. 177. 4047-4057.
- Lopez, Javier A., Ferney Gonzalez., Flavio A. Bonilla., Gustavo Zambrano., Maria., E Gomez. 2010. Synthesis and Characterization of Fe₃O₄ Nanofluid. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*. 30(1). 60-66.
- Marlap (Multi-Agency Radiological Laboratory Analytical Protocols). 2004. Separation Techniques. 14. 56-82.
- Mason, Timothy J., John P. Loimer. 2002. *Applied Sonochemistry Uses of Power Ultrasound in Chemistry and Processing*. Weinheim : Wiley-CH Verlag GmbH.
- Ogata, Takeshi., Yoshio Nakano. 2005. Mechanisms of Gold Recovery from Aqueous Solutions Using A Novel Tannin gel Adsorbent Synthesized from Natural Condensed Tannin. *Water Research*. 39. 4281-4286.
- Paclawski, Krzysztof., Krzysztof Fitzner. 2004. Kinetics of Gold(III) Chloride Complex Reduction Using Sulfur(IV). *Metalurgical and Material Transaction*. 350. 1071-1085.
- Parajuli, Durga., Hidetaka Kawakita., Katsutoshi Inoue., Keisuke Ohto., Kumiko Kajiyama. 2007. Persimmon Peel Gel for The Selective Recovery of Gold. *Hydrometallurgy*. 87. 133-139.

- Pavia, D.L., G.M.Lampman., G.S.Kriz., J.R. Vyvyan. 2009. *Introduction to Spectroscopy 4th Edition*. Washington : Brooks/Cole Cengage Learning.
- Polewski, Krzysztof., Sebastian Kniat., Danuta Slawinska. 2001. Gallic Acid, A Natural Antioxidant, in Aqueous and Micellar Environment : Spectroscopic Studies (online). Poland : Institute of Physics, August Cieszkowski Agriculture University.
- Rahmayanti, Maya., Hilmi Hamidi., Guliston Abdillah., Lingga Binagara. 2011. Sintesis Fe_3O_4 -AA dengan Metode Sonokimia dan Aplikasinya untuk Recovery Emas. *Laporan Penelitian*. Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Sunan Kalijaga : Yogyakarta.
- Sadler, P.J., dan Rodney E. Sue. 1994. The Chemistry of Gold Drugs. *Metal-Based Drugs*. 1. 107-144.
- Saijo, Ryoyasu. 1981. Pathway of Gallic Acid Biosynthesis and Its Esterification with Catechins in Young Tea Shoots. *Agric. Biol. Chem.* 47. 455-460.
- Sastrohamidjodjo, Hardjono. 2001. *Spektroskopi*. Yogyakarta : Liberty.
- Shevla, G. 1979. *Buku Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro bagian II*. Diterjemahkan oleh Setiono dan Hendayana Pudjaatmaka. 1985. Jakarta : PT Kalman Media Pustaka.
- Shishehbore, M. Reza., Abbas Afkhami., Hasan Bagheri. 2011. Salicylic Acid Functionalized Silica-Coated Magnetite Nanoparticles for Solid Phase Extraction and Preconcentration of Some Heavy Metal Ions from Various Real Samples. *Chemistry Central Journal*. 5. 41.
- Skoog. D. A., Donald M. West, F. James Holler, Stanley R. Crouch, 2004. *Fundamentals of Analytical Chemistry, Eight Edition*. Belmont : Brooks Cole.
- Smallman, R.E. 1985. *Metalurgi Fisik Modern Edisi Keempat*, diterjemahkan oleh Sriati Djaprie., Bustanul Arifin dan Myrna. 1991. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama.
- Smith, J.M. 1968. *Kinetics of Adsorption*. Adsorption from Aqueous Solution. Washington DC : American Chemical Society.
- Suslick, K.S., Gareth J. Price. 1999. Applications of Ultrasound to Materials Chemistry. *Annual Reviews Material Science*, 29. 295-326.
- Syed, S. 2006. A Green Technology for Recovery of Gold from Non-Metallic Secondary Sources. *Hydrometallurgy*, 82. 48-53.

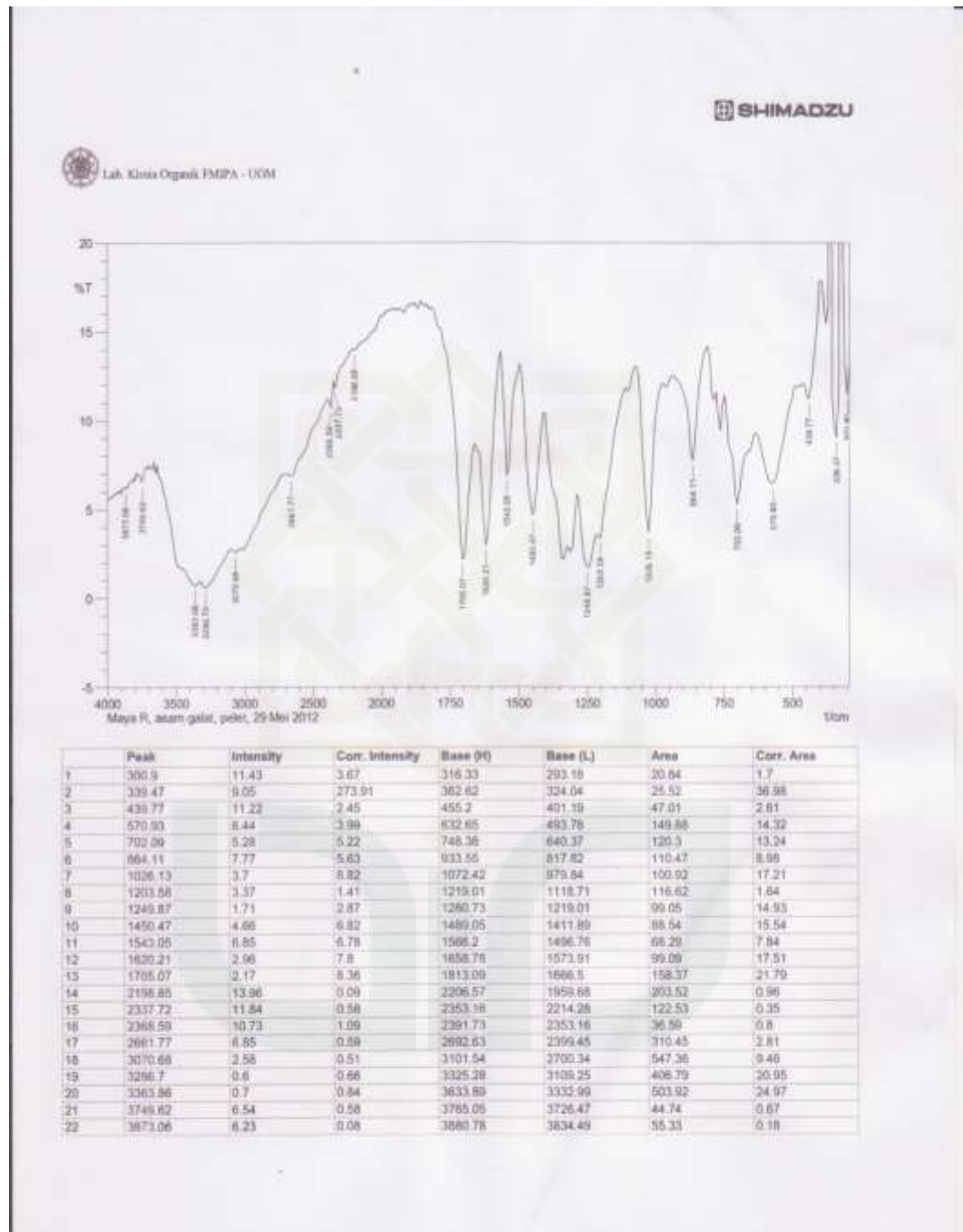
- Tang, Bing., Liangjun Yuan., Taihong Shi., Linfeng Yu., Youchun Zhu. 2008. Preparation of Nano-Size Magnetic Particles from Spent Pickling Liquors by Ultrasonic-Assisted Chemical Co-Precipitation. *Journal of Hazardous Materials*. 163. 1173-1178.
- Tipler, Paul A. 1998. *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Alih bahasa oleh Lea Prasetio dan Rahmad W. Adi. Jakarta : Erlangga.
- Tombacz, E., A. Majzik., Horvat., E. Illes. 2006. Magnetite in Aqueous Medium: Coating Its Surface and Surface Coated With It. *Romanian Reports in Physics*. 58. 281-286.
- Unal, B., Z Durmus., H. Kavas., A. Baykal., M.S. Toprak. Synthesis, Conductivity and Dielectric Characterization of Salicylic Acid-Fe₃O₄ Nanocomposite. *Materials Chemistry and Physics*. 123. 184-190.
- UNEP Team. 2009. *Recycling from E-Waste to Reduce*. Oktoberdruck AG : Berlin, German.
- Vlack, L.H.V. 1989. *Elemen-Elemen Ilmu dan Rekayasa Material Edisi Keenam*. Diterjemahkan oleh Sriati Djaprie. 2004. Jakarta : Erlangga.
- Wang, Wenxing., Qifan Chen., Cha Jiang., Dongzhi Yang. 2007. One-Step Synthesis of Biocompatible Gold Nanoparticles Using Gallic Acid in The Presence of Poly-(N-Vinyl-2-Pyrrolidone). *Colloids and Surfaces*. 301. 73-79.
- Xie, Fazhi., Xucong Lin., Xiaoping Wu., Zenghong Xie. 2007. Solid Phase Extraction of Lead (II), Copper (II), Cadmium (II) and Nickel (II) Using Gallic Acid-Modified Silica Gel Prior to Determination by Flame Atomic Adsorption Spectrometry. *J.Talanta*. 74. 836-843.
- Yamaura, M., R.L. Camilo., M.C.F.C. Felinto. 2002. Synthesis and Performance of Organic-Coated Magnetite Particles. *Journal of Alloys and Compound*. 344. 152-156.
- Yousef., Chehade, Ameer., Siddique, Hisham., Alayan, Naveena., Sadasivam, Saeed., Nusri., Taleb, Ibrahim. 2012. Recovery of Gold, Silver, Palladium, and Copper from Waste Printed Circuit Board. *International Conference on Chemical, Civil and Environment Engineering (ICCEE)*. Dubai. 226-234.
- Yuniarti, Mustika. 2013. Studi Adsorpsi-Reduksi ion [AuCl₄]⁻ pada Magnetit Terlapis Asam Humat (Fe₃O₄/HA). *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Alam-Jurusan Kimia. Universitas Gadjah Mada : Yogyakarta.

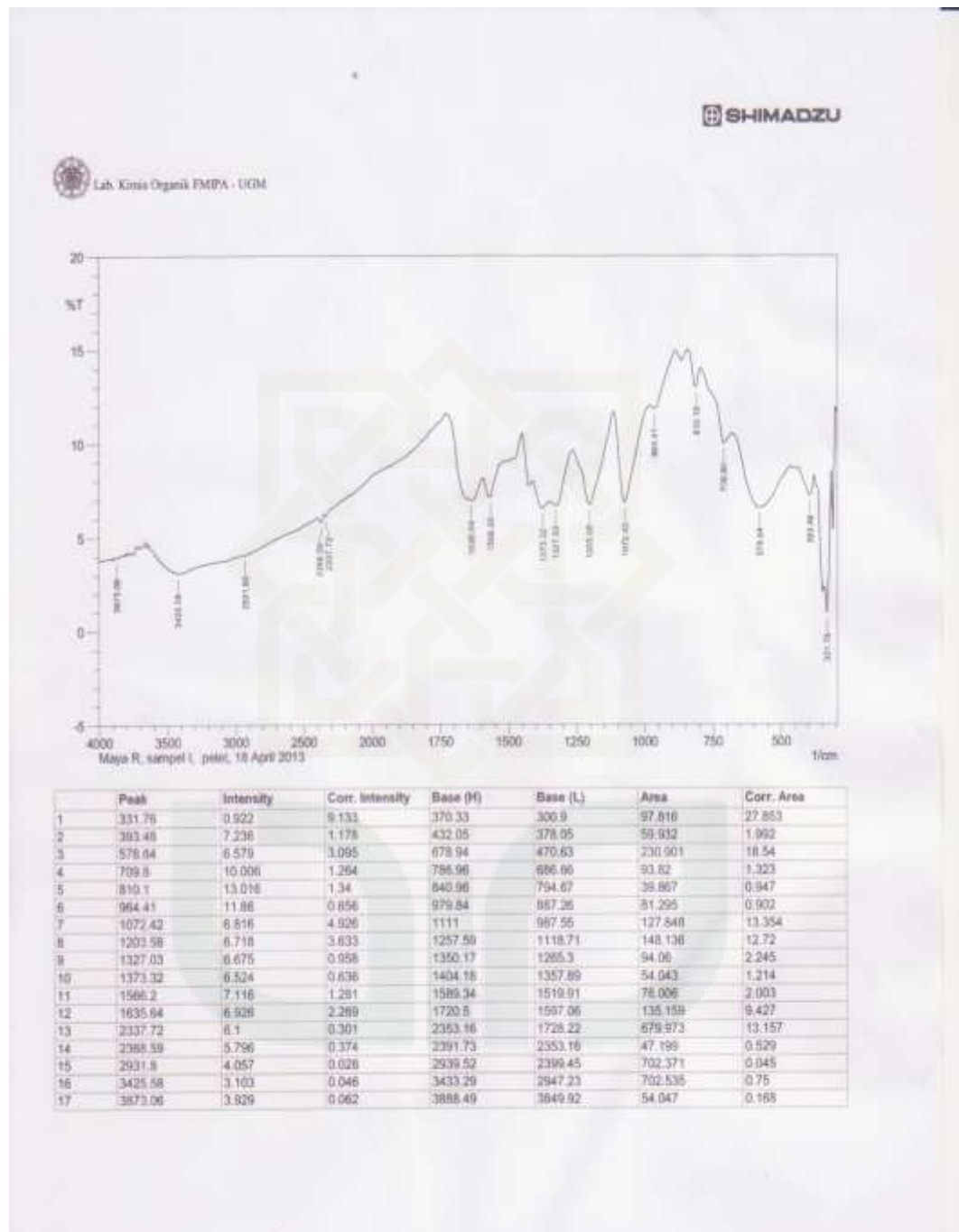
Lampiran 1

Lampiran 1.1 Spektra IR magnetit dengan perbandingan $\text{Fe}^{2+}:\text{Fe}^{3+}$ yaitu 1:2



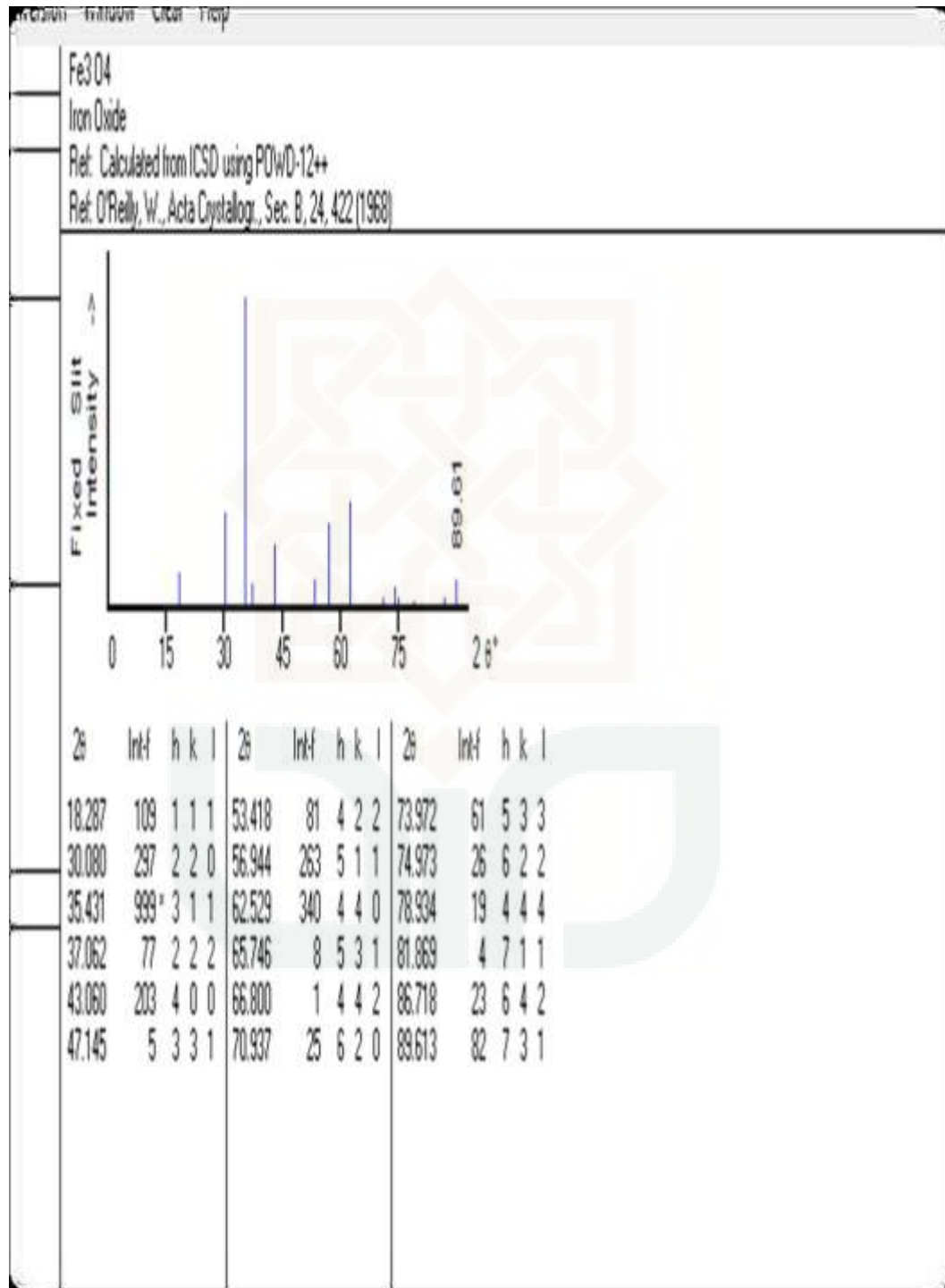
Lampiran 1.2 Spektra IR asam galat



Lampiran 1.3 Spektra IR magnetit termodifikasi asam galat ($\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$)

Lampiran 2

Lampiran 2.1 Standar JCPDS magnetit (Fe_3O_4)



Lampiran 2.2 Data difraktogram XRD magnetit (Fe_3O_4)

```

*** Basic Data Process ***
* Name : Data 2012
Name : Prof Nuryono-3
Name : Prof Nuryono-3,PKR
* Name : Fe3O4 std
nt : Fe3O4 std

ongest 3 peaks
peak 2Theta d I/I1 FWHM Intensity Integrated I
no. (deg) (A) (deg) (Counts) (Counts)
32 35.4822 2.52792 100 0.26490 957 13490
53 62.6200 1.48229 34 0.36000 326 6050
25 30.1286 2.96380 29 0.27270 277 4423

.k Data List
peak 2Theta d I/I1 FWHM Intensity Integrated I
no. (deg) (A) (deg) (Counts) (Counts)
1 15.2465 5.80663 3 0.33810 31 1138
2 16.5404 5.35520 5 0.42580 47 1267
3 16.9975 5.21220 3 0.15500 29 294
4 17.5266 5.05603 4 0.33330 35 771
5 18.2900 4.84668 10 0.27820 94 1467
6 18.9466 4.68017 4 0.30670 38 545
7 19.4400 4.56248 4 0.60000 35 716
8 19.7600 4.48931 4 0.36000 43 564
9 20.1600 4.40113 4 0.28000 34 634
10 21.0650 4.21405 4 0.41000 37 949
11 21.5400 4.12218 5 0.38460 44 559
12 21.7200 4.08843 5 0.45000 44 618
13 22.3200 3.97986 3 0.50000 29 1013
14 23.1190 3.86409 4 0.37800 43 744
15 23.4791 3.78594 4 0.23820 34 376
16 24.0900 3.70494 4 0.44000 36 987
17 24.9000 3.57286 4 0.30110 40 705
18 25.2458 3.52486 4 0.28170 34 452
19 25.7985 3.45059 4 0.38700 34 689
20 26.4071 3.37243 4 0.29430 34 464
21 27.1710 3.27932 10 0.32600 91 1459
22 27.8171 3.20460 4 0.37150 40 816
23 28.4483 3.13492 4 0.25670 35 532
24 29.3320 3.04448 4 0.26400 37 733
25 30.1286 2.96380 29 0.27270 277 4423
26 30.6600 2.91363 5 0.11340 49 577
27 31.5562 2.83290 4 0.13640 43 476
28 31.9487 2.79698 27 0.23860 261 3223
29 32.3607 2.76428 5 0.23850 45 672
30 34.0439 2.63136 4 0.18780 42 602
31 34.8355 2.57336 3 0.11900 30 338
32 35.4822 2.52792 100 0.26490 957 13490
33 35.9400 2.49677 6 0.15500 53 708
34 36.1195 2.48477 4 0.13240 38 470
35 37.1210 2.42000 7 0.26200 66 1215
36 38.2392 2.35177 3 0.16730 33 547
37 38.7733 2.32059 8 0.26330 74 1093
38 39.3628 2.28718 3 0.19430 30 476
39 40.1642 2.24338 3 0.09650 32 208
40 43.1267 2.09588 22 0.30880 206 3758
41 47.1410 1.92634 3 0.23210 29 462
42 47.7266 1.90406 4 0.12960 36 400
43 51.0863 1.78645 9 0.23270 86 1318
44 53.5208 1.71079 12 0.24600 111 1712
45 53.9408 1.69845 3 0.22830 32 408
46 54.4114 1.68487 4 0.17710 42 376
47 55.0371 1.66719 4 0.21920 35 472

```

peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
48	55.2753	1.66056	3	0.22870	33	290
49	55.6676	1.64979	3	0.19060	44	412
50	55.9974	1.64085	14	0.24520	133	1907
51	57.0155	1.61395	26	0.32890	246	3619
52	57.2600	1.60763	8	0.21780	73	1200
53	62.6200	1.48229	34	0.36000	326	6050
54	63.1977	1.47013	4	0.18760	39	487
55	65.8225	1.41771	4	0.16500	34	311
56	66.8882	1.39769	4	0.18360	34	440
57	71.1221	1.32452	5	0.20920	52	819
58	71.4919	1.31857	3	0.13040	31	188
59	74.1096	1.27834	9	0.29200	82	1494
60	75.0567	1.26454	2	0.18150	33	356
61	75.5096	1.25808	5	0.18430	46	538
62	78.9364	1.21183	2	0.22710	31	440
63	79.3066	1.20710	2	0.30670	29	474
64	80.2448	1.19533	4	0.20380	36	524
65	81.6233	1.17860	4	0.20670	37	554
66	84.7620	1.14278	4	0.17600	38	585
67	86.7525	1.12160	4	0.18200	35	388
68	89.5800	1.09338	7	0.35660	62	1360
69	89.8400	1.09089	5	0.00000	46	0

*** Basic Data Process ***

Data Information

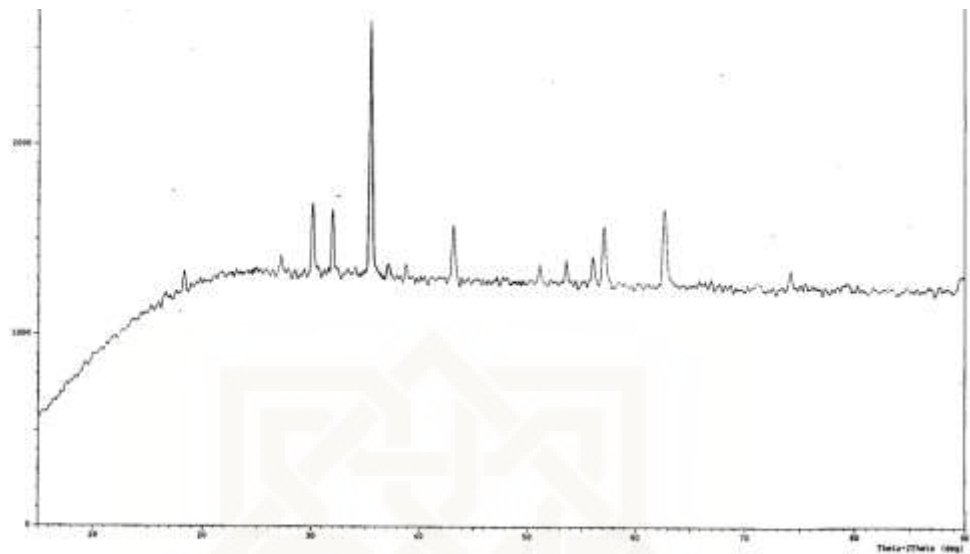
Group Name : Data 2012
 Data Name : Prof Nuryono-3
 File Name : Prof Nuryono-3.RAW
 Sample Name : Fe3O4 std
 Comment : Fe3O4 std
 Date & Time : 07-19-12 11:14:30

Measurement Condition

X-ray tube
 target : Cu
 voltage : 40.0 (kV)
 current : 30.0 (mA)
 Slits
 divergence slit : 1.00 (deg)
 scatter slit : 1.00 (deg)
 receiving slit : 0.30 (mm)
 Scanning
 drive axis : Theta-2Theta
 scan range : 5.0000 - 90.0000 (deg)
 scan mode : Continuous Scan
 scan speed : 5.0000 (deg/min)
 sampling pitch : 0.0100 (deg)
 preset time : 0.24 (sec)

Data Process Condition

Smoothing : [AUTO]
 smoothing points : 21
 K.G.Subtraction : [AUTO]
 sampling points : 27
 repeat times : 30
 Kal-a2 Separate : [MANUAL]
 Kal a2 ratio : 50 (%)
 Peak Search : [AUTO]
 differential points : 15
 FWHM threshold : 0.050 (deg)
 intensity threshold : 30 (per mil)
 FWHM ratio (n-1)/n : 2
 System error Correction : [NO]
 Precise peak Correction : [NO]



Lampiran 2.3 Data difraktogram magnetit-asam galat

```

////////////////////////////////////
/// Profile Data Ascii Dump (XRD)
////////////////////////////////////

Group      : Data 2013
Data       : Maya Rahmayanti-5
File Name  : Maya Rahmayanti-5.RSM

# Profile Datafile
Sample Name      = Fe3O4-ASUSIT (E)
comment         = Fe3O4-ASUSIT (E)
date & time     = 13-05-15 09:02:30

# Measurement Condition
X-ray tube
target         = Cu
voltage        = 40.0 (kv)
current        = 30.0 (mA)

slits
divergence slit = 1.00000 (deg)
scatter slit    = 1.00000 (deg)
receiving slit  = 0.30000 (mm)

Scanning
drive axis      = Theta-2Theta
scan range      = 3.000 - 80.000
scan mode       = Continuous Scan
scan speed      = 5.0000 (deg/min)
sampling pitch  = 0.0200 (deg)
preset time     = 0.24 (sec)

# Data [ Total No. = 3851 ]
<2Theta> < I >
3.0000    396
3.0200    394
3.0400    393
3.0600    391
3.0800    390
3.1000    390
3.1200    389
3.1400    388
3.1600    388
3.1800    387
3.2000    384
3.2200    384
3.2400    384
3.2600    382
3.2800    380
3.3000    378
3.3200    377
3.3400    376
3.3600    373
3.3800    369
3.4000    367
3.4200    364
3.4400    358
3.4600    355
3.4800    356
3.5000    353
3.5200    353
3.5400    351
3.5600    349
3.5800    347

```

29.5400	503
29.5600	503
29.5800	500
29.6000	500
29.6200	498
29.6400	499
29.6600	499
29.6800	501
29.7000	504
29.7200	508
29.7400	510
29.7600	510
29.7800	512
29.8000	514
29.8200	513
29.8400	514
29.8600	516
29.8800	516
29.9000	513
29.9200	514
29.9400	510
29.9600	512
29.9800	508
30.0000	502
30.0200	499
30.0400	498
30.0600	494
30.0800	491
30.1000	490
30.1200	489
30.1400	486
30.1600	486
30.1800	486
30.2000	486
30.2200	487
30.2400	486
30.2600	484
30.2800	485
30.3000	486
30.3200	486
30.3400	487
30.3600	488
30.3800	490
30.4000	488
30.4200	489
30.4400	489
30.4600	488
30.4800	492
30.5000	488
30.5200	488
30.5400	490
30.5600	490
30.5800	492
30.6000	492
30.6200	493
30.6400	492
30.6600	492
30.6800	494
30.7000	496
30.7200	500
30.7400	502
30.7600	504

35.0000	520
35.0200	521
35.0400	522
35.0600	525
35.0800	530
35.1000	527
35.1200	531
35.1400	536
35.1600	543
35.1800	546
35.2000	547
35.2200	546
35.2400	549
35.2600	551
35.2800	552
35.3000	551
35.3200	548
35.3400	549
35.3600	550
35.3800	546
35.4000	546
35.4200	543
35.4400	540
35.4600	538
35.4800	536
35.5000	533
35.5200	529
35.5400	528
35.5600	527
35.5800	522
35.6000	520
35.6200	516
35.6400	518
35.6600	518
35.6800	517
35.7000	515
35.7200	512
35.7400	513
35.7600	514
35.7800	513
35.8000	511
35.8200	513
35.8400	515
35.8600	516
35.8800	516
35.9000	513
35.9200	515
35.9400	512
35.9600	510
35.9800	509
36.0000	512

43.0000	484
43.0200	487
43.0400	485
43.0600	487
43.0800	487
43.1000	486
43.1200	486
43.1400	487
43.1600	488
43.1800	487
43.2000	486
43.2200	483
43.2400	481
43.2600	479
43.2800	480
43.3000	482
43.3200	483
43.3400	484
43.3600	484
43.3800	488
43.4000	487
43.4200	489
43.4400	487
43.4600	486
43.4800	484
43.5000	481
43.5200	480
43.5400	481
43.5600	477
43.5800	480
43.6000	479
43.6200	480
43.6400	482
43.6600	483
43.6800	483
43.7000	482
43.7200	484
43.7400	483
43.7600	485
43.7800	485
43.8000	485
43.8200	484
43.8400	484
43.8600	481
43.8800	479
43.9000	479
43.9200	481
43.9400	481
43.9600	481
43.9800	478
44.0000	478
..	---

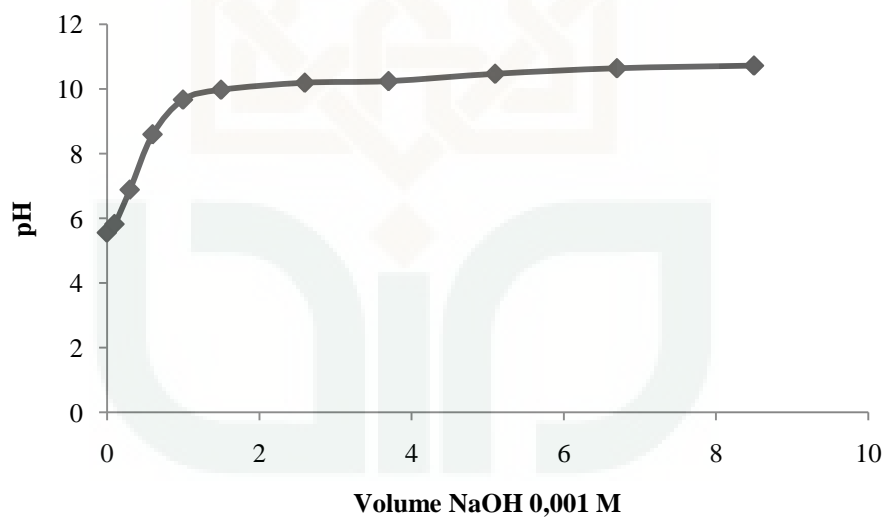
52.5200	488
52.5400	488
52.5600	486
52.5800	483
52.6000	479
52.6200	476
52.6400	474
52.6600	469
52.6800	468
52.7000	465
52.7200	464
52.7400	461
52.7600	460
52.7800	455
52.8000	453
52.8200	453
52.8400	453
52.8600	455
52.8800	455
52.9000	461
52.9200	468
52.9400	471
52.9600	476
52.9800	475
53.0000	482
53.0200	486
53.0400	488
53.0600	489
53.0800	485
53.1000	488
53.1200	487
53.1400	489
53.1600	488
53.1800	485
53.2000	486
53.2200	485
53.2400	481
53.2600	479
53.2800	479
53.3000	479
53.3200	477
53.3400	476
53.3600	478
53.3800	477
53.4000	477
53.4200	481
53.4400	482
53.4600	481
53.4800	482
53.5000	484
53.5200	489

57.0600	489
57.0800	488
57.1000	489
57.1200	488
57.1400	488
57.1600	490
57.1800	489
57.2000	488
57.2200	486
57.2400	487
57.2600	489
57.2800	491
57.3000	489
57.3200	486
57.3400	487
57.3600	488
57.3800	490
57.4000	490
57.4200	490
57.4400	490
57.4600	489
57.4800	489
57.5000	488
57.5200	486
57.5400	483
57.5600	484
57.5800	480
57.6000	482
57.6200	478
57.6400	478
57.6600	480
57.6800	479
57.7000	479
57.7200	478
57.7400	479
57.7600	477
57.7800	473
57.8000	472
57.8200	468
57.8400	466
57.8600	464
57.8800	463
57.9000	463
57.9200	462
57.9400	459
57.9600	459
57.9800	460
58.0000	460
58.0200	460
58.0400	459
58.0600	459
---	---

61.9400	479
61.9600	479
61.9800	478
62.0000	479
62.0200	479
62.0400	478
62.0600	478
62.0800	478
62.1000	477
62.1200	473
62.1400	472
62.1600	469
62.1800	468
62.2000	468
62.2200	469
62.2400	471
62.2600	471
62.2800	471
62.3000	475
62.3200	472
62.3400	474
62.3600	473
62.3800	474
62.4000	479
62.4200	481
62.4400	482
62.4600	482
62.4800	484
62.5000	484
62.5200	488
62.5400	487
62.5600	489
62.5800	489
62.6000	491
62.6200	491
62.6400	493
62.6600	492
62.6800	492
62.7000	493
62.7200	494
62.7400	494
62.7600	493
62.7800	491
62.8000	490
62.8200	492
62.8400	487
62.8600	488
62.8800	490
62.9000	490
62.9200	489
62.9400	485

Lampiran 3Lampiran 3.1 Data hasil titrasi terhadap Fe₃O₄-AG menggunakan NaOH 0,001 M

Volume NaOH 0,001 M	pH
0	5,557
0,1	5,821
0,3	6,883
0,6	8,594
1	9,665
1,5	9,971
2,6	10,188
3,7	10,237
5,1	10,464
6,7	10,635
8,5	10,717

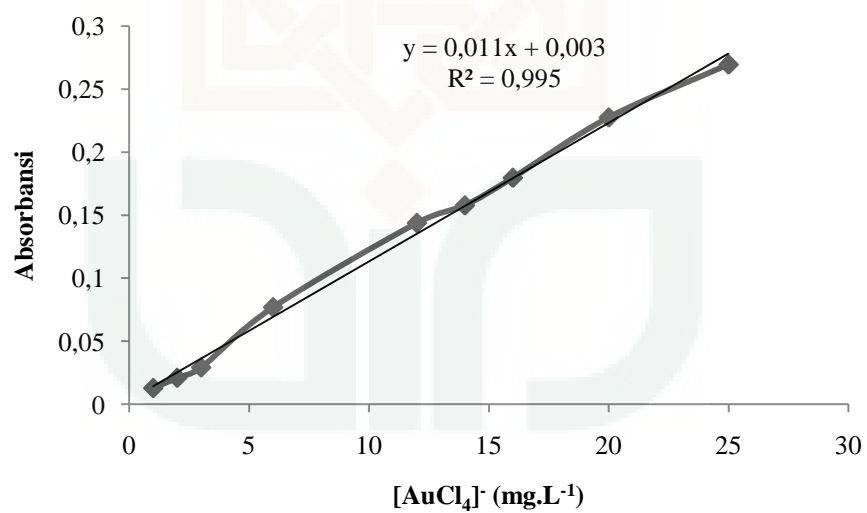


Lampiran 4

Interaksi Fe₃O₄-AG dengan ion [AuCl₄]⁻ pada variasi pH

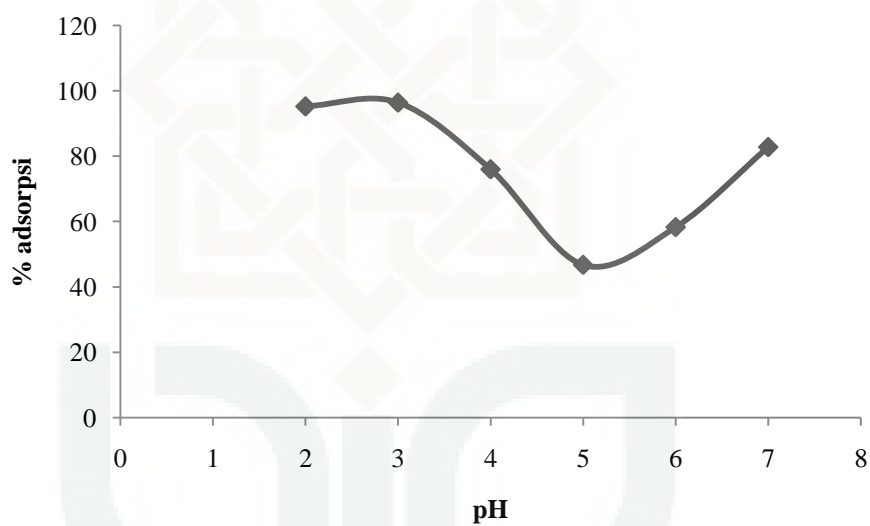
Lampiran 4.1 Kurva standar variasi pH

[AuCl ₄] ⁻ (mg.L ⁻¹)	Absorbansi
1	0,01288
2	0,021
3	0,0292
6	0,07696
12	0,14378
14	0,15771
16	0,17961
20	0,22742
25	0,26939



Lampiran 4.2 Data hasil pengamatan interaksi $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$ dengan ion $[\text{AuCl}_4]^-$ pada variasi pH

pH $[\text{AuCl}_4]^-$	$[\text{AuCl}_4]^-$ kontrol (mg.L^{-1})	Absorbansi $[\text{AuCl}_4]^-$ sisa	$[\text{AuCl}_4]^-$ sisa (mg.L^{-1})	$[\text{AuCl}_4]^-$ teradsorp (mg.L^{-1})	% adsorpsi
2	23,38	0,01523	1,1123	22,2677	95,24251497
3	23,99	0,01206	0,8646	23,1254	96,39599833
4	23,7	0,06533	5,69	18,01	75,99156118
5	23,44	0,14024	12,48	10,96	46,75767918
6	23,03	0,1085	9,602	13,428	58,30655667
7	23,11	0,0464	3,975	19,135	82,79965383

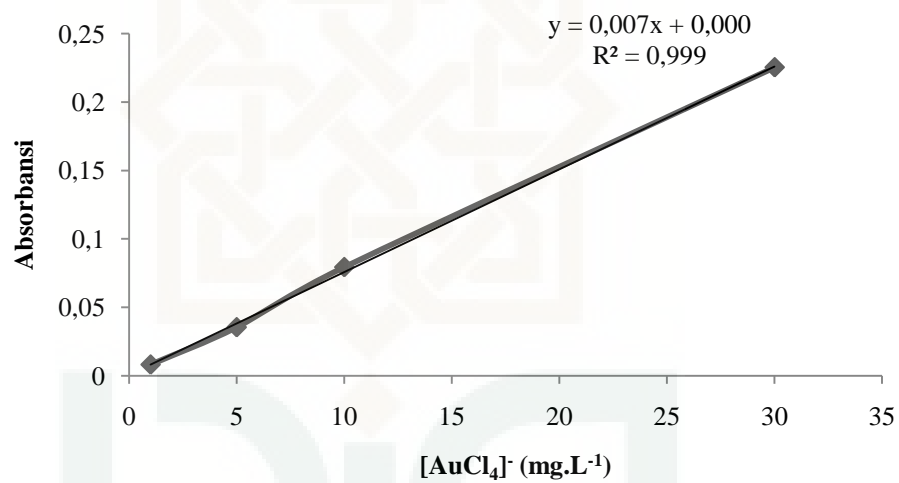


Lampiran 5

Interaksi $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$ dengan ion $[\text{AuCl}_4]^-$ pada variasi waktu

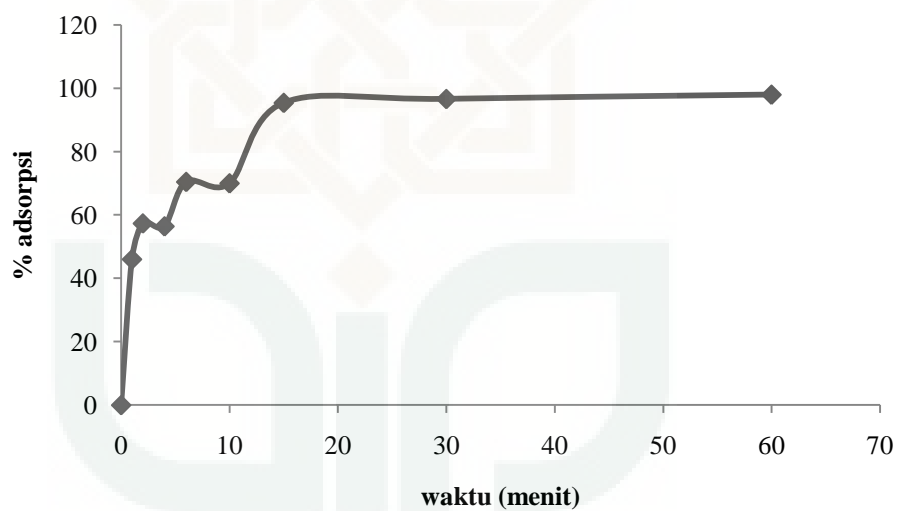
Lampiran 5.1 Kurva standar variasi waktu

$[\text{AuCl}_4]^- (\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	Absorbansi
1	0,00814
5	0,0354
10	0,0793
30	0,22524



Lampiran 5.2 Data hasil pengamatan interaksi $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$ dengan ion $[\text{AuCl}_4]^-$ pada variasi waktu

waktu (menit)	Absorbansi $[\text{AuCl}_4]^-$ sisa	$[\text{AuCl}_4]^-$ sisa (mg.L^{-1})	$[\text{AuCl}_4]^-$ adsorpsi (mg.L^{-1})	% adsorpsi (%)
0	0,19747	28,21	0	0
1	0,10659	15,22714286	12,98285714	46,02218058
2	0,08424	12,03428571	16,17571429	57,3403555
4	0,08606	12,29428571	15,91571429	56,41869651
6	0,05836	8,337142857	19,87285714	70,44614372
10	0,05924	8,462857143	19,74714286	70,00050641
15	0,0091	1,3	26,91	95,39170507
30	0,0067	0,957142857	27,25285714	96,60707956
60	0,00401	0,572857143	27,63714286	97,96931179

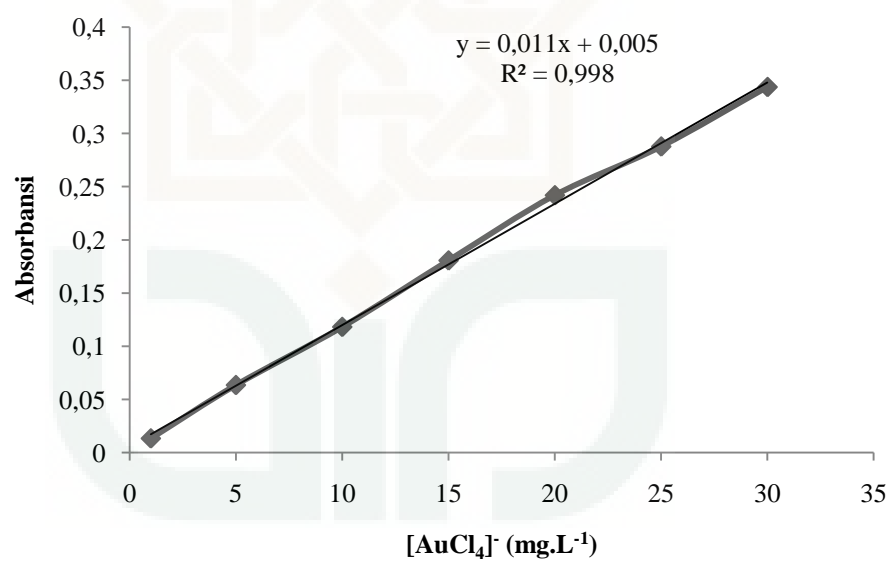


Lampiran 6

Interaksi $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$ dengan ion $[\text{AuCl}_4]^-$ pada variasi konsentrasi HAuCl_4

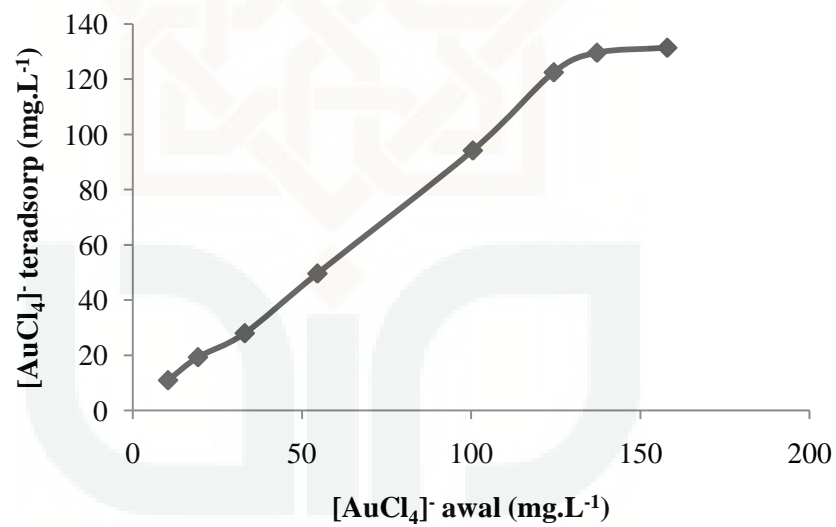
Lampiran 6.1 Kurva standar variasi konsentrasi

$[\text{AuCl}_4]^-$ standar (mg.L^{-1})	Absorbansi
1	0,01336
5	0,0635
10	0,11812
15	0,18055
20	0,24183
25	0,28763
30	0,34354



Lampiran 6.2 Data hasil pengamatan interaksi $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$ dengan ion $[\text{AuCl}_4]^-$ pada variasi konsentrasi HAuCl_4

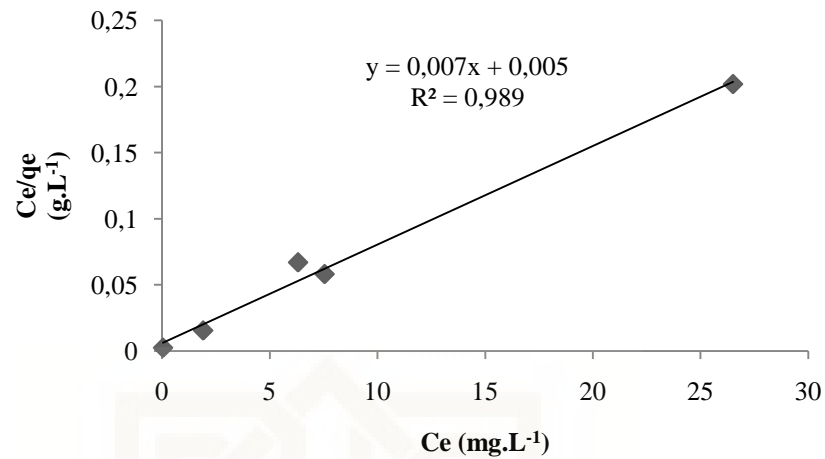
A awal	A akhir	$[\text{AuCl}_4]^-$ Awal (mg.L^{-1})	$[\text{AuCl}_4]^-$ akhir (mg.L^{-1})	$[\text{AuCl}_4]^-$ adsorpsi (mg.L^{-1})
0,02808	0,00404	10,49090909	-0,436363636	10,92727273
0,04754	0,00511	19,33636364	0,05	19,28636364
0,07793	0,01639	33,15	5,177272727	27,97272727
0,12513	0,016	54,60454545	5	49,60454545
0,22612	0,0189	100,5090909	6,318181818	94,19090909
0,27874	0,00921	124,4272727	1,913636364	122,5136364
0,30678	0,02161	137,1727273	7,55	129,6227273
0,35247	0,06332	157,9409091	26,50909091	131,4318182



6.3 Isoterm adsorpsi ion $[\text{AuCl}_4]^-$ pada $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-AG}$

Ce (mg.L⁻¹)	volume larutan (L)	massa adsorben (g)	qe (mg.g⁻¹)	Ce/qe (g.L⁻¹)	log Ce	log qe
-0,436363636	0,01	0,01	10,92727273	-0,039933444	#NUM!	1,038511783
0,05	0,01	0,01	19,28636364	0,002592505	-1,301029996	1,285250351
5,177272727	0,01	0,01	27,97272727	0,185082873	0,714101043	1,446734811
5	0,01	0,01	49,60454545	0,100797214	0,698970004	1,695521474
6,318181818	0,01	0,01	94,19090909	0,067078467	0,800592119	1,974008989
1,913636364	0,01	0,01	122,5136364	0,015619783	0,281859415	2,08818443
7,55	0,01	0,01	129,6227273	0,058245959	0,877946952	2,112681155
26,50909091	0,01	0,01	131,4318182	0,201694622	1,423394834	2,118700516

Lampiran 6.3.1 Isoterm Langmuir



$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_{max}} C_e + \frac{1}{q_{max} K_L}$$

$$y = 0,007x + 0,005$$

$$r = 0,994$$

$$M_r \text{ HAuCl}_4 = 339,967 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$q_{max} = \frac{1}{\text{slope}}$$

$$\text{satuan slope} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{\frac{C_e}{q_e}}{C_e} = \frac{\frac{g}{L}}{\frac{mg}{L}} = \text{g.mg}^{-1}$$

$$q_{max} = \frac{1}{0,007 \text{ g/mg}} = 142,85 \text{ mg.g}^{-1} = 0,42 \text{ mmol.g}^{-1} = 0,00042 \text{ mol.g}^{-1}$$

$$K_L = \frac{1}{q_{max} \cdot \text{intersep}}$$

$$\text{Satuan intersep} = \text{sumbu } y = C_e/q_e = \text{g.L}^{-1}$$

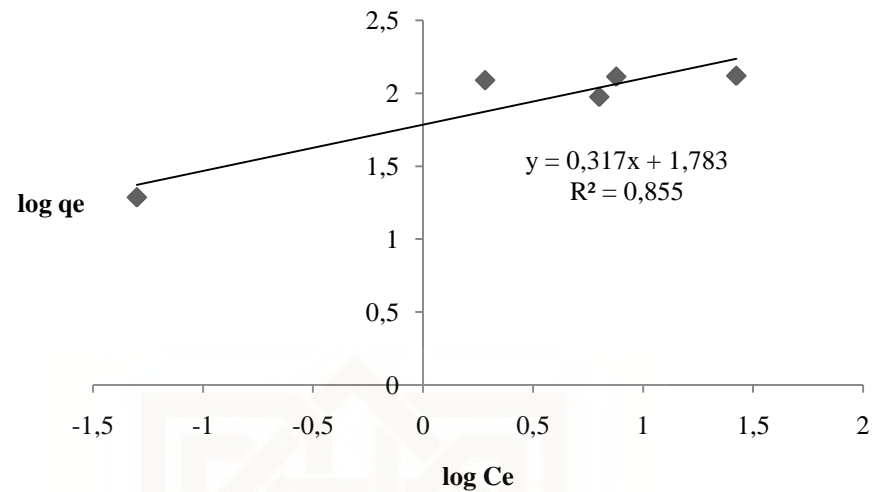
$$K_L = \frac{1}{0,00042 \text{ mol/g} \cdot 0,005 \text{ g/L}} = 476190,47 \text{ L.mol}^{-1}$$

$$\text{Energi adsorpsi} = -\Delta G = RT \ln K$$

$$= 8,314 \text{ J.K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot (30 + 273) \text{ K} \cdot \ln (476190,47)$$

$$= 32,934 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

Lampiran 6.3.2 Isoterm Freundlich



$$\text{Log } q_e = \frac{1}{n} \text{log } C_e + \text{log } K_F$$

$$y = 0,317x + 1,783$$

$$r = 0,924$$

$$\text{slope} = 1/n$$

$$n = 1/\text{slope} = 1/0,317 = 3,1545 \text{ mg.g}^{-1} = 9,278 \times 10^{-3} \text{ mmol.g}^{-1}$$

$$= 9,278 \times 10^{-6} \text{ mol.g}^{-1}$$

$$\text{Intersep} = \text{log } K_F$$

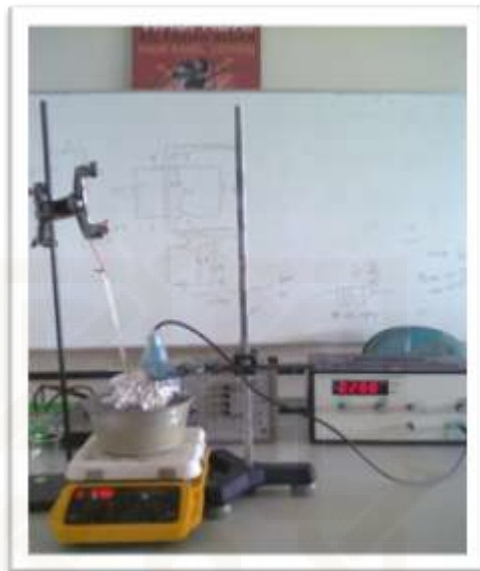
$$\text{Log } K_F = 1,783$$

$$K_F = 10^{1,783}$$

$$K_F = 60,6736 \text{ mg/g} = 1,784 \times 10^{-4} \text{ mol.g}^{-1}$$

Lampiran 7

Lampiran 7. Galeri foto



Gambar 1. Proses sintesis secara kopresipitasi-sonokimia



Gambar 2. Uji kemagnetan padatan hasil sintesis (padatan berwarna hitam)



Gambar 3. Proses pemisahan antara adsorbendengan adsorbat menggunakan bantuan medan magnet luar