

**SINTESIS MAGNETIT TERLAPISI ASAM SALISILAT  
MENGUNAKAN METODE KOPRESIPITASI DENGAN BANTUAN  
GELOMBANG ULTRASONIK (Mag-ASUS) DAN APLIKASINYA UNTUK  
*RECOVERY* EMAS**

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



**Oleh:**  
**Wafiratul Husna**  
**09630006**

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



**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 : Wafiratul Husna

NIM : 09630006

Judul Skripsi : Sintesis Magnetit Terlapisi Asam Salisilat Menggunakan Metode Kopresipitasi dengan Bantuan Gelombang Ultrasonik (Mag-ASUS) dan Aplikasinya untuk *Recovery* Emas

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

*Wassalamu'alaikumwr.wb.*

Yogyakarta, 08 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 : Wafiratul Husna  
NIM : 09630006  
Judul Skripsi : Sintesis Magnetit Terlapisi Asam Salisilat Menggunakan Metode Kopersipitasi dengan Bantuan Gelombang Ultrasonik (Mag-ASUS) dan Aplikasinya untuk Recovery Emas

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, 05 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 : Wafiratul Husna

NIM : 09630006

Judul Skripsi : Sintesis Magnetit Terlapisi Asam Salisilat Menggunakan Metode Kopresipitasi dengan Bantuan Gelombang Ultrasonik (Mag-ASUS) dan Aplikasinya untuk *Recovery* Emas

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, 05 Februari 2014

Konsultan,

Endarужи Setyadi, S.Si., M.Sc

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah :

Nama : Wafiratul Husna  
NIM : 09630006  
Program Studi : Kimia  
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa skripsi saya yang berjudul:

**“Sintesis Magnetit Terlapisi Asam Salisilat Menggunakan Metode Kopresipitasi dengan Bantuan Gelombang Ultrasonik (Mag-ASUS) dan Aplikasinya untuk *Recovery* Emas”**

Adalah hasil karya sendiri dan sepanjang sepengetahuan penulis tidak berisi materi yang dipublikasikan atau ditulis orang lain, kecuali bagian tertentu yang diambil sebagai bahan acuan yang secara tertulis dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Yogyakarta, 08 Januari 2014

Penulis,



Wafiratul Husna

NIM. 09630006



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga

FM-UINSK-BM-05-07/R0

**PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Nomor : UIN.02/D.ST/PP.01.1/358/2014

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Sintesis Magnetit Terlapisi Asam Salisilat Menggunakan Metode Kopersipitasi dengan Bantuan Gelombang Ultrasonik (Mag-ASUS) dan Aplikasinya untuk *Recovery* Emas

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :  
Nama : Wafiratul Husna  
NIM : 09630006  
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

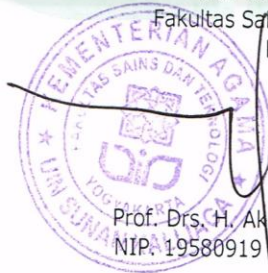
Penguji I

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

Penguji II

Endarujji Sedyadi, M.Sc

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



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

## MOTTO

**“Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum sampai kaum itu sendiri yang mengubah nasib atau keadaan yang ada pada dirinya.”**

**(Q.S. Ar-Ra’d ayat 11)**

**“Teruslah mencari, karena sesuatu yang tak terduga bisa muncul disaat kita berhenti berharap.”**

**(Sir Harold Walter-peraih nobel Kimia untuk penemuan molekul C-60)**

**"Barangsiapa yang tidak pernah melakukan kesalahan, maka dia tidak pernah mencoba sesuatu yang baru."**

**(Albert Einstein)**

**“Keberanian bukan karena tidak merasa takut tetapi mampu bertahan menghadapi rasa takut tersebut.”**

**(Kim Doo Han-Good Doctor)**

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Mengucap syukur kepada Allah SWT atas limpahan  
Rahmat, hidayah serta kemudahan yang diberikan-Nya,*

*Kudedikasikan karya ini kepada:*

*Bapak dan Ibuku Tercinta*

*Kakak-kakakku dan Keponakan-keponakanku Tersayang*

*Keluarga Besarku Tersayang*

*Almamaterku Tercinta*

*Program Studi Kimia*

*Fakultas Sains dan Teknologi*

*Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta*



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, hidayah dan karunia-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sintesis Magnetit Terlapisi Asam Salisilat Menggunakan Metode Kopersipitasi dengan Bantuan Gelombang Ultrasonik (Mag-ASUS) dan Aplikasinya untuk *Recovery* Emas” dengan baik. Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Agung Muhammad SAW yang menjadi suri tauladan umat-Nya.

Penulisan skripsi ini tidak terlepas dari semua pihak yang telah memberikan kontribusi baik berupa bantuan, dukungan, bimbingan maupun kritik yang membangun. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Prof. Drs. H. Akh. Minhaji, M.A, Ph.D., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Esti Wahyu Widowati, M.Si, M.Biotech, selaku Kepala Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Dr. Susy Yunita Prabawati, M. Si, selaku Dosen Pembimbing Akademik.
4. Ibu Maya Rahmayanti, M.Si, selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya serta begitu sabar memberikan bimbingan, pengarahan, serta motivasi dalam penulisan skripsi ini.
5. Dosen-dosen Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang sudah membagi ilmu yang sangat bermanfaat.

6. Bapak A. Wijayanto, S.Si., Bapak Indra Nafiyanto, S.Si., dan ibu Isni Gustanti, S. Si., selaku PLP Laboratorium Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan pengarahan dan dorongan selama melakukan penelitian.
7. Kedua orang tuaku Bapak Drs. H. Sudjud Murtadla dan Ibu Hj. Tri Hartati tercinta yang telah mendidik, mendoakan dan memberi kepercayaan serta dukungan baik moral maupun material. Mbak-mbak dan mas iparku (Mbak Tutun, Mas Eko, Mbak Titi, Mas Achmad), keponakanku yang lucu-lucu (Farah, Addafa, Qonitah dan Rifqi) kalianlah sumber inspirasi, penambah semangat dan motivasiku, serta semua keluarga besarku tersayang yang selalu mendoakan penulis serta memberikan dorongan baik moril maupun materil yang tidak ternilai harganya.
8. Imam Agus Mustofa yang selalu setia memberikan semangat, motivasi, kasih sayang serta tak pernah bosan mengingatkan ketika ku salah.
9. Sahabat-sahabat seperjuangan Jazarotun Nisak, Khimatun Khasanah, Astuti Paweni, Nailal Muna, Teh Wiqoyatul Muniroh, Nura Lailatussoimah, Khoirul Wahyu W., Utamingtyas, Fadhlun Nur Hanifa, Andri Somantri, Defri Nuridwan, Eva Kholifatun, Riska Septiana, Anis Hidayah, Ula Nurul F., Sofiyannah, Yohanna Br Peranginangin, Shelly Agustiningrum, Zaul Al Zakky dan berbagai pihak dari Kimia 2009 dan lainnya yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu, kalian tidak akan terlupakan.
10. Sahabat-sahabat seperjuanganku Devisi Jurnalistik dan seluruh anggota BEM PS Kimia 2011/2012.

11. Saudara-saudaraku penghuni Wisma Avizena Ira, Ariyanti, Riris, Mbak Ida, Mbak Idi, Mbak Nani, Febry, Mbak Anggi, Wete, Nida dan Roffie terimakasih atas canda tawa setiap harinya.
12. Segenap pihak yang telah membantu penulis dari pembuatan proposal, penelitian, sampai penulisan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga segala bantuan, bimbingan dan motivasi yang telah diberikan akan tergantikan oleh balasan pahala dari Allah SWT. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua.

Yogyakarta, 07 Januari 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR</b> .....	ii
<b>HALAMAN NOTA DINAS KONSULTAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>MOTTO</b> .....	vii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	viii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvi
<b>ABSTRACT</b> .....	xvii
<b>ABSTRAK</b> .....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Batasan Masalah .....	4
C. Rumusan Masalah .....	4
D. Tujuan Penelitian .....	4
E. Manfaat Penelitian .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI</b> .....	6
A. Tinjauan Pustaka .....	6
B. Landasan Teori .....	8
1. Magnetit .....	8
2. Sintesis Magnetit .....	9
3. Gelombang Ultrasonik .....	11
4. Asam Salisilat .....	13
5. Emas .....	15
6. Adsorpsi .....	17
a. Isoterm Adsorpsi .....	18
b. Persamaan Isoterm Freundlich .....	18
c. Persamaan Isoterm Langmuir .....	19
7. <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR) .....	20
8. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	22
9. Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) .....	24

<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	27
A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	27
B. Alat dan Bahan .....	27
C. Prosedur Penelitian .....	27
1. Preparasi Larutan Asam Salisilat 0,05 M .....	27
2. Sintesis Mag-ASUS .....	28
3. Uji Kemagnetan Mag-ASUS .....	28
4. Penentuan Ikatan Mag-ASUS .....	28
5. Pengaruh pH terhadap Adsorpsi-Reduksi $[\text{AuCl}_4]^-$ oleh Mag-ASUS .....	29
6. Pengaruh Waktu terhadap Adsorpsi-Reduksi $[\text{AuCl}_4]^-$ oleh Mag-ASUS .....	29
7. Penentuan Model Isoterm Adsorpsi-Reduksi $[\text{AuCl}_4]^-$ oleh Mag-ASUS .....	29
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b> .....	31
A. Sintesis Mag-ASUS .....	31
B. Karakterisasi Mag-ASUS Hasil Sintesis .....	33
1. Karakterisasi Mag-ASUS dengan FTIR .....	33
2. Karakterisasi Mag-ASUS dengan XRD .....	35
C. Uji Kemagnetan Mag-ASUS .....	36
D. Penentuan Ikatan Mag-ASUS .....	36
E. Interaksi Mag-ASUS dengan Larutan $\text{HAuCl}_4$ .....	39
1. Pengaruh pH terhadap Adsorpsi-Reduksi $[\text{AuCl}_4]^-$ oleh Mag-ASUS .....	39
2. Pengaruh Waktu terhadap Adsorpsi-Reduksi $[\text{AuCl}_4]^-$ oleh Mag-ASUS .....	41
3. Penentuan Model Isoterm Adsorpsi-Reduksi $[\text{AuCl}_4]^-$ oleh Mag-ASUS .....	42
F. Karakterisasi Pasca Adsorpsi-Reduksi $[\text{AuCl}_4]^-$ oleh Mag-ASUS.....	46
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	48
A. Kesimpulan .....	48
B. Saran .....	48
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	50
<b>LAMPIRAN</b> .....	55

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Struktur Kristal Spinel Terbalik Magnetit .....	9
Gambar 2.2 Pengaruh Kavitasasi Akustik pada Partikel .....	12
Gambar 2.3 Struktur Bangun Asam Salisilat .....	14
Gambar 2.4 Hubungan % Distribusi Ion Kompleks Au(III) dengan pH .....	16
Gambar 2.5 Prinsip Kerja XRD .....	22
Gambar 2.6 Diagram Sistematis SSA .....	25
Gambar 4.1 Spektra Inframerah .....	34
Gambar 4.2 Difraktogram .....	36
Gambar 4.3 Uji Kemagnetan Mag-ASUS .....	37
Gambar 4.4 Kurva Volume NaOH lawan pH pada Mag-ASUS ....	38
Gambar 4.5 Prediksi Interaksi AS dengan Magnetit .....	38
Gambar 4.6 Pengaruh pH Adsorpsi-Reduksi $[\text{AuCl}_4]^-$ oleh Mag- ASUS .....	39
Gambar 4.7 Interaksi Mag-ASUS dengan $[\text{AuCl}_4]^-$ .....	40
Gambar 4.8 Pengaruh Waktu terhadap Adsorpsi-Reduksi $[\text{AuCl}_4]^-$ oleh Mag-ASUS .....	42
Gambar 4.9 Variasi Konsentrasi Adsorpsi-Reduksi $[\text{AuCl}_4]^-$ oleh Mag-ASUS .....	43
Gambar 4.10 Hubungan Linier $\log C_e$ lawan $q_e$ dari Pola Isoterm Freundlich .....	44
Gambar 4.11 Hubungan Linier $C_e$ lawan $C_e/q_e$ dari Pola Isoterm Langmuir .....	45
Gambar 4.12 Hasil Foto Mikroskop Optik .....	46

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Senyawa Hidroksida Besi yang Terbentuk dari Reaksi Pengendapan Larutan Garam $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ .....	10
Tabel 2.2 Pita Absorpsi Spektra Inframerah .....	21
Tabel 2.3 JCPDS Magnetit .....	23
Tabel 4.1 Interpretasi Serapan FTIR AS, Magnetit Standar dan Mag-ASUS .....	35
Tabel 4.2 Hasil Penentuan Isoterm Adsorpsi $[\text{AuCl}_4]$ pada Mag-ASUS .	46

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Spektrum IR Asam Salisilat .....	56
Lampiran 2. Spektrum IR Magnetit Standar .....	57
Lampiran 3. Spektrum IR Mag-ASUS .....	58
Lampiran 4. Difraktogram Sinar-X Magnetit Standar .....	59
Lampiran 5. Difraktogram Sinar-X Mag-ASUS .....	62
Lampiran 6. Data Hasil Titrasi Mag-ASUS Menggunakan Larutan NaOH 0,001 M .....	64
Lampiran 7. Data Absorbansi Larutan Standar dan Kurva Standar $[\text{AuCl}_4]^-$ dalam Anallisis dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) .....	65
Lampiran 8. Tabel dan Grafik Pengaruh pH Adsorpsi-Reduksi $[\text{AuCl}_4]^-$ oleh Mag-ASUS .....	68
Lampiran 9. Adsorpsi-Reduksi $[\text{AuCl}_4]^-$ oleh Mag-ASUS sebagai Fungsi Waktu pada pH 3 .....	69
Lampiran 10. Isoterm Adsorpsi-Reduksi $[\text{AuCl}_4]^-$ oleh Mag-ASUS .....	70
Lampiran 11. Perhitungan Isoterm Adsorpsi Freundlich untuk Mag-ASUS .....	71
Lampiran 12. Perhitungan Isoterm Adsorpsi Langmuir untuk Mag-ASUS .....	72



## ABSTRACT

### **SYNTHESIS OF MAGNETITE COATED SALICYLIC ACID THROUGH CO-PRECIPIATION METHOD USING ULTRASONIC WAVE (Mag-ASUS) AND ITS APPLICATION TO GOLD RECOVERY**

By:

**Wafiratul Husna**  
09630006

Supervisor:

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

---

*In this research, the magnetite coated salicylic acid was synthesized through co-precipitation method using ultrasonic wave (Mag-ASUS). This research was analyzed to gold recovery necessity. The main aim of this research is to expand the effectiveness of the materials using in adsorption-reduction [AuCl<sub>4</sub>].*

*The synthesis was done through co-precipitation method at 60°C using 200 kHz ultrasonic wave, NaOH as precipitating agent, solution Fe<sup>3+</sup>/Fe<sup>2+</sup> with molar ratio 2:1 and salicylic acid 0.05 M. Mag-ASUS solid synthesized were characterized using FTIR and XRD. The application of Mag-ASUS to gold recovery was analyzed by examining the effect of pH, interaction period and adsorption isotherm.*

*The research results show that Mag-ASUS not only has good adsorption capacity, but also has magnetic quality. Hence, the gold recovery was easily done by external magnetic field. The optimum adsorption of HAuCl<sub>4</sub> using 10 mg Mag-ASUS was achieved at pH 3. The equilibrium was done for 180 minutes. The adsorption capacity of [AuCl<sub>4</sub>]<sup>-</sup> using 2,0x10<sup>-4</sup> mol g<sup>-1</sup> Mag-ASUS needs 23.6234 kJ mol<sup>-1</sup> energy so that it was categorized in chemistry adsorption. This adsorption was categorized in Langmuir isotherm.*

**Key words:** salicylic acid, magnetite, Mag-ASUS, gold recovery

---

## ABSTRAK

### SINTESIS MAGNETIT TERLAPISI ASAM SALISILAT MENGUNAKAN METODE KOPRESIPITASI DENGAN BANTUAN GELOMBANG ULTRASONIK (Mag-ASUS) DAN APLIKASINYA UNTUK RECOVERY EMAS

Oleh:

Wafiratul Husna

09630006

Pembimbing:

Maya Rahmayanti, M.Si

NIP 19810627 200604 2 003

---

Pada penelitian ini telah disintesis magnetit terlapis asam salisilat menggunakan metode kopresipitasi dengan bantuan gelombang ultrasonik (Mag-ASUS) dan dipelajari aplikasinya untuk *recovery* emas. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengembangkan bahan dalam proses adsorpsi-reduksi  $[\text{AuCl}_4]^-$  yang lebih efektif.

Sintesis dilakukan menggunakan metode kopresipitasi pada suhu  $60^\circ\text{C}$  dengan bantuan gelombang ultrasonik 200 kHz, NaOH sebagai agen pengendap, larutan garam  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$  dengan perbandingan molar 2:1 dan larutan asam salisilat 0,05 M. Padatan Mag-ASUS hasil sintesis dikarakterisasi dengan FTIR dan XRD. Aplikasi Mag-ASUS untuk *recovery* emas dipelajari dengan mengkaji pengaruh pH, waktu interaksi dan isoterm adsorpsi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Mag-ASUS tidak hanya memiliki kemampuan adsorpsi yang baik, tetapi juga memiliki sifat magnet sehingga proses pemisahan kembali logam emas mudah dilakukan dengan medan magnet eksternal. Adsorpsi optimum larutan  $\text{HAuCl}_4$  oleh Mag-ASUS sebanyak 10 mg tercapai pada pH 3 dengan waktu kesetimbangan adsorpsi-reduksi selama 180 menit. Kapasitas adsorpsi  $[\text{AuCl}_4]^-$  menggunakan Mag-ASUS sebesar  $2,0 \times 10^{-4}$  mol  $\text{g}^{-1}$  dengan energi yang digunakan sebesar 23,6234 kJ  $\text{mol}^{-1}$  sehingga dikategorikan adsorpsi kimia. Adsorpsi ini mengikuti pola isoterm Langmuir.

**Kata kunci:** asam salisilat, magnetit, Mag-ASUS, *recovery* emas

---

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Kebutuhan manusia saat ini tidak terlepas dari peralatan elektronik misalnya penggunaan pesawat televisi, komputer, telepon seluler, ponsel dan lain-lain. Jumlah penggunaan peralatan elektronik mengalami peningkatan yang cukup drastis selama beberapa tahun terakhir ini (Voshchinin *et al.*, 2012). Penggunaan peralatan elektronik yang semakin meningkat akan menghasilkan limbah elektronik juga meningkat.

Salah satu komponen dari peralatan elektronik yang berupa PCB (*Printed Circuit Board*) di dalamnya terkandung logam emas. Logam emas digunakan dalam komponen peralatan elektronik karena memiliki konduktivitas listrik yang sangat baik dan ketahanan korosi yang tinggi. Kemurnian logam emas yang terkandung dalam PCB dapat mencapai 0,04% (w/t) dan didapatkan 320 gram logam emas per ton limbahnya (Chehade *et al.*, 2012). Besarnya keuntungan nilai ekonomi yang dihasilkan dan bahayanya limbah bagi lingkungan membuat banyak peneliti melakukan berbagai penelitian mengenai metode *recovery* emas pada limbah-limbah industri khususnya industri elektronik.

Telah banyak metode yang dikembangkan dalam *recovery* logam emas antara lain *elektrodeposition* (Zur dan Ariel, 1982), adsorpsi (Ogata dan Nakano, 2005; Huang *et al.*, 2010), ekstraksi pelarut (Golounin dan Larionova, 2005). Metode yang efektif untuk pemisahan emas yang memiliki konsentrasi rendah dan masih berada dalam bentuk campuran logam seperti yang terdapat dalam limbah

elektronik adalah adsorpsi. Proses pemisahan dengan metode adsorpsi sangat potensial karena prosesnya yang mudah dilakukan, dapat bekerja pada konsentrasi rendah, kapasitas adsorpsi besar dan biaya yang dibutuhkan relatif murah (Thomas dan Crittenden, 1998).

Adsorpsi didasarkan pada interaksi ion logam dengan gugus fungsional pada permukaan adsorben melalui interaksi pembentukan kompleks dan biasanya terjadi pada permukaan padatan yang kaya gugus fungsional seperti -OH, -NH, -SH dan -COOH (Stum dan Morgan, 1981). Ogata dan Nakano (2005) telah berhasil melakukan *recovery* emas dengan cara adsorpsi-reduksi menggunakan adsorben-reduktor senyawa novel tannin gel yang memiliki gugus fenolik, adsorpsi dan reduksi Au(III) menjadi Au(0) terjadi secara bersamaan. Parajuli *et al.* (2007) menggunakan adsorben-reduktor senyawa persimmon peel gel yang kaya akan gugus polifenol untuk mengadsorpsi dan mereduksi Au(III) menjadi Au(0).

Berdasarkan keberhasilan penelitian sebelumnya menggunakan adsorben-reduktor yang mengandung gugus fenolik, maka dalam penelitian ini menggunakan asam salisilat yang secara struktur juga memiliki gugus fenolik. Asam salisilat memungkinkan digunakan sebagai agen pereduksi  $[\text{AuCl}_4]^-$  didasarkan pada gugus -OH yang terikat pada cincin aromatik. Asam salisilat akan dilapisi pada senyawa magnetit yang memiliki sifat magnet sehingga memudahkan pemisahan emas yang telah direduksi menjadi Au(0) dari adsorben menggunakan medan magnet eksternal.

Magnetit telah banyak digunakan sebagai adsorben logam (El-kharrag *et al.*, 2011). Jingjing *et al.* (2011) mengungkapkan bahwa magnetit banyak digunakan karena memiliki toksisitas rendah dan bersifat superparamagnetik. Magnetit sangat menarik untuk diaplikasikan karena partikel magnetit dapat secara efektif dan mudah dipisahkan kembali dengan menggunakan medan magnet eksternal.

Sintesis adsorben dalam penelitian ini menggunakan bantuan gelombang ultrasonik untuk meningkatkan keefektifan adsorpsi-reduksi logam emas. Chang, *et al.* (2011) membuktikan bahwa adanya gelombang ultrasonik dalam sintesis adsorben dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi. Gelombang ultrasonik mengakibatkan terjadinya kavitasasi akustik yang meningkatkan tekanan dan energi lokal sehingga dapat memutus ikatan pembentuk partikel secara mekanis (Liu, 2010). Penggunaan gelombang ultrasonik tidak membutuhkan penambahan bahan tambahan lain, prosesnya cepat dan mudah (Lida *et al.*, 2008).

Penelitian ini mengkaji proses adsorpsi-reduksi logam emas menggunakan magnetit terlapisi asam salisilat menggunakan metode kopresipitasi dengan bantuan gelombang ultrasonik (Mag-ASUS) yang dievaluasi berdasarkan interaksi Mag-ASUS dengan larutan  $\text{HAuCl}_4$ . Adanya Mag-ASUS ini menghasilkan adsorben yang tidak hanya memiliki kemampuan adsorpsi yang baik sebagai adsorben yang sekaligus berfungsi sebagai reduktor, tetapi juga memiliki sifat magnet yang kuat sehingga proses pemisahan logam emas dari adsorben dapat dengan mudah dilakukan menggunakan medan magnet eksternal.

## B. Batasan Masalah

Agar penelitian ini tidak meluas dalam pembahasannya, maka diambil pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Sintesis magnetit terlapisi asam salisilat menggunakan metode kopresipitasi dengan bantuan gelombang ultrasonik pada frekuensi 200 kHz.
2. Sumber logam emas dalam penelitian ini adalah larutan  $\text{HAuCl}_4$ .
3. Parameter interaksi Mag-ASUS dengan  $[\text{AuCl}_4]^-$  yang diteliti adalah pengaruh pH pada rentang pH 2-7, waktu interaksi 15; 45; 60; 75; 90; 120; 180; 240; 300 dan 360 menit serta konsentrasi larutan  $\text{HAuCl}_4$  10; 25; 30; 40; 60; 80 dan  $100 \text{ mg L}^{-1}$ .
4. Kapasitas adsorpsi Mag-ASUS terhadap  $[\text{AuCl}_4]^-$  dikaji menggunakan model isoterm adsorpsi Freundlich dan Langmuir.

## C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang dapat dirumuskan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik Mag-ASUS menggunakan FTIR dan XRD?
2. Bagaimana pengaruh keasaman (pH) dan waktu interaksi adsorpsi-reduksi  $[\text{AuCl}_4]^-$  menggunakan Mag-ASUS?
3. Bagaimana kapasitas model isoterm pada proses adsorpsi-reduksi  $[\text{AuCl}_4]^-$  menggunakan Mag-ASUS?

## D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui karakteristik Mag-ASUS menggunakan FTIR dan XRD.

2. Mengetahui pengaruh keasaman (pH) dan waktu interaksi adsorpsi-reduksi  $[\text{AuCl}_4]^-$  menggunakan Mag-ASUS.
3. Mengetahui kapasitas model isoterm pada proses adsorpsi-reduksi  $[\text{AuCl}_4]^-$  menggunakan Mag-ASUS.

#### **E. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat diantaranya:

1. Memberikan informasi mengenai karakteristik Mag-ASUS menggunakan FTIR dan XRD.
2. Memberikan informasi mengenai pengaruh keasaman (pH) dan waktu interaksi adsorpsi-reduksi  $[\text{AuCl}_4]^-$  menggunakan Mag-ASUS.
3. Memberikan informasi mengenai kapasitas model isoterm pada adsorpsi-reduksi  $[\text{AuCl}_4]^-$  menggunakan Mag-ASUS.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Karakteristik Mag-ASUS menggunakan FTIR menunjukkan munculnya pita serapan pada bilangan gelombang  $570,93\text{ cm}^{-1}$ ;  $1388,75\text{ cm}^{-1}$ ;  $1458,18\text{ cm}^{-1}$ ;  $1604,77\text{ cm}^{-1}$  dan  $3417,86\text{ cm}^{-1}$ . Difraktometer sinar-X Mag-ASUS menunjukkan karakter magnetit sesuai dengan data standar nilai [hkl]: [220]; [311]; [400]; [511] dan [440].
2. Mag-ASUS sebanyak 10 mg mampu mengadsorpsi dan mereduksi  $[\text{AuCl}_4]^-$  dari dalam larutan dengan kapasitas adsorpsi optimum tercapai pada pH 3 dan waktu kesetimbangan selama 180 menit.
3. Adsorpsi-reduksi larutan  $\text{HAuCl}_4$  menggunakan Mag-ASUS menghasilkan kapasitas maksimal adsorpsi sebesar  $2,0 \times 10^{-4}\text{ mol g}^{-1}$  dengan energi yang digunakan sebesar  $23,6234\text{ kJ mol}^{-1}$  sehingga dikategorikan sebagai adsorpsi kimia dimana adsorpsi ini mengikuti model isoterm Langmuir.

#### B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, hal yang perlu dilakukan untuk pengembangan lebih lanjut adalah:

1. Perlu dilakukan karakterisasi menggunakan H-NMR dan SEM agar lebih spesifik mengetahui interaksi yang terjadi antara magnetit dengan asam salisilat.



2. Perlu dikaji penentuan laju dan konstanta kesetimbangan laju adsorpsi-reduksi  $[\text{AuCl}_4]^-$  dalam larutan oleh Mag-ASUS.
3. Perlu dilakukan karakterisasi menggunakan FTIR dan XRD setelah interaksi Mag-ASUS dengan  $[\text{AuCl}_4]^-$ .
4. Perlu dilakukan kajian adsorpsi terhadap  $[\text{AuCl}_4]^-$  dalam kondisi adsorpsi kompetitif dengan ion lain seperti Cu dan Pb untuk mengetahui selektifitas adsorpsinya.
5. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai aplikasi Mag-ASUS untuk *recovery* emas pada limbah elektronik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Atkins. P. W., 1999, *Kimia Fisika*, (diterjemahkan oleh: Kartahadiprojo Irma I) edisi ke-2, Erlangga, Jakarta.
- Basset, J., Denney, R.C., Jeffrey, G.H., dan Mendhom, J., 1994, *Buku Ajar Vogel Kimia Analisa Kuantitatif Anorganik*, EGC, Jakarta.
- Cabrera, L., Gutierrez, S., Herrasti, P., dan Reyman, D. 2010, Sonoelectrochemical Synthesis of Magnetite, *Phisich Procedia*, 3, 89-94.
- Chang, Q., Zhu, L., Luo, Z., Lei, M., Zhang, S., dan Tang, H., 2011, Sonoassisted Preparation of Magnetic Magnesium-Aluminium Layered Double Hydroxides and Their Application for Removing Fluoride, *Ultrason Sonochem.*, 18, 553-561.
- Chehade, Y., Siddique, A., Alayan, H., Sadasivam, N., Nusri, S., dan Ibrahim, T., 2012, Recovery of Gold, Silver, Palladium, and Copper from Waste Printed Circuit Boards, *International Conference on Cemical Civil and Environment*, 24-25.
- Cotton, F. A. Wilkinson, G., Murillo, C., dan Bachmann, M., 1999, *Advanced Inorganic Chemistry 6<sup>th</sup> ed.*, Jhon Wiley & Sons. Inc., New York.
- Dann, S. E., 2000, *Reaction and Characterization of Solids*, RSC, Cambridge.
- Day, Jr. R.A. dan Underwood, A.L., 1989, *Analisis Kimia Kuantitatif*, Erlangga, Jakarta.
- Dong, L., Zhu, Z., Qiu, Y., dan Zhao, J., 2010, Removal of Lead from Aqueous Solution by Hydroxyapatite/Magnetite Composite Adsorbent, *Scientia Iranica*, 18, 790-796.
- El-kharrag, R., Amin, A., dan Greish, Y. E., 2011, Low Suhue Synthesis of Monolithic Mesoporous Magnetite Nanoparticles, *Ceramics International*, CERI-4535, No. of Pages 8.
- Enomoto, N., Yamada, K., Dang, F., dan Hojo, J., 2004, Synthesis of Magnetite Nanoparticles Under Standing Ultrasonication, *J. Jpn. Soc. Powder Metallurgy*, Vol. 56, No. 4, 194-198.
- Faiyas, A. P. A., Vinod, E. M., Joseph, J., Ganesan, R., dan Pandev R. K., 2010, Dependence of pH and Surfactant Effect in The Synthesis of Magnetite (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) Nanoparticles and Its Properties, *J. Magn. Mater.*, 322, 400-404.

- Fajaroh, F., Setyawan, H., Winardi, S., Widyastuti, Raharjo, W., dan Sentosa, E., 2009, Sintesis Nanopartikel Magnetite dengan Metode Elektrokimia Sederhana, *Jurnal Nanosains & Teknologi*, Edisi Khusus, Agustus, 2009.
- Friak, M., Schindlmayr, A., dan Scheffler, M., 2007, Ab Initio of The Half-Metal to Metal Transition in Strained Magnetite, *J. Phys*, Vol. 9, doi:10.1088/1367-2630/9/1/005.
- Gogate P. R., dan Pandit A. B., 2011, Cavitation and Usage without Ultrasound: Hydrodynamic Cavitation, *Theoretical and Experimental Sonochemistry Involving Inorganic Systems*, DOI 10.1007/978-90-481-3887-6\_3.
- Golounin, A. V., dan Larionova, I. A., 2005, Extractive Recovery of Gold(I) from Cyanide-containing Aqueous Alkali with Guanidine Derivatives, *Journal of Applied Chemistry*, Vol. 78, No. 10, 1712-1714.
- Hu, D., Wang, Y., dan Song, Q., 2009, Weakly Magnetic Field-Assisted Synthesis of Magnetite Nano-Particles in Oxidative Co-Precipitation, *Particuology*, Partic-95; No. Of Pages5.
- Huang, X., Wang, Y., Liao, X., dan Shi, B., 2010, Adsorptive Recovery of Au<sup>3+</sup> from Aqueous Solutions Using Bayberry Tanin-Immobilized Mesoporous Silica, *Journal of Hazardous Materials*, 183 (2010) 793-798.
- Ince, N. H., Tezcanli, G., Belen, R. K., dan Apikyan, I. G., 2001, Ultrasound as a Catalyzer of Aqueous Reaction Systems: The State of The Art and Environmental Applications, *Applied Catalysis B: Environmental*, 29, 167-176.
- Jingjing, W., Dengxi, L., Yuan, Y., dan Yingchen, Z., 2011, Preparation of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles by use of Catalytically Oxidized Liquids of Cyanide Tailings by Nox and Research of Its Adsorption Properties, *Energy Procedia*, 11, 3389-3396.
- Khollam, Y. B., Dhage, S. R., Potdar, H. S., Deshpande, S. B., Bakare, P. P., Kulkarni, S. D., dan Date, S. K., 2002, Microwave Hydrothermal Preparation of Submicron-sized Spherical Magnetite (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) Powders. *Materials Letters*, 56, 571-577.
- Khopkar, S.M., 2007, *Konsep Dasar Kimia Analitik*, UI Press, Jakarta.
- Laatikainen, M., dan Paatero, E., 2005, Gold Recovery from Chloride Solutions with XAD-7: Competitive Adsorption of Fe(III) and Te(IV), *Hydrometallurgy*, 79, 154<sup>1</sup>71.
- Li, J. H., Hong, R. Y., Li, H. Z., Ding, J., Zheng, Y., dan Wei, D. G., 2009, Simple Synthesis and Magnetic Properties of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/BaSO<sub>4</sub> Multi-core/Shell particles, *J. Mater. Chem.*, 113, 140-144.

- Lida, Y., Tuziuti T., Yasui K., Towata A., dan Kozuka T., 2008, Control of Viscosity in Starch and Polysaccharide Solution with Ultrasound after Gelatinization, *Journal of National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)*, Nagoya, Japan.
- Liu, Q. M., 2010, Optimization of Ultrasonic-Assisted Extraction of Chlorogenic Acid from Folium Eucommiae and Evaluation of its Antioxidant Activity, *Journal of Medicinal Plants Research*, Vol. 4(23), pp. 2503-2511.
- Maity, D., dan Agrawal, D. C., 2007, Synthesis of Iron Oxide Nanoparticles Under Oxidizing Environment and Their Stabilization in Aqueous and Non-Aqueous Media, *J. Magn. Magn Mater*, 308, 46-55.
- Meng, J., Yang, G., Yan, L. M., dan Wang, X., 2005, Synthesis and Characterization of Magnetic Nanometer Pigment Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, *Dyes and Pigments*, 66, 109-113.
- Moreno, E. N., Anderson, C., Stewart, R., dan Robinson, B., 2009, Analysis of Mercury-Rich Plants and Mine Tailings Using The Hydride-Generation AAS Method, *Engineering, Technology and Techniques*, Vol. 52, No. 4.
- Ogata, T., dan Nakano, Y., 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, K., dan Fitzner, K., 2004, Kinetic of Gold(III) Chloride Complex Reduction using Sulfur(IV), *Metallurgical and Materials Transaction B*, Volume: 35B.
- Pakhre, V., dan Srivastava, V. C., 2012, Adsorption of Benzoic Acid and Salicylic Acid onto Granular Activated Carbon, *International Conference on Chemical, Civil and Environment Engineering (ICCEE'2012)*, Dubai.
- Parajuli, D., Karwakita, H., Inoue, K., Ohto, K., dan Kajiyama, K., 2007, Persimmon Peel Gel for the Selective Recovery of Gold, *Hydrometallurgy*, 87, 133-139.
- Raviyan, P., Zhang, Z., dan Feng, H., 2005, Ultrasonication for Tomato Pectinmethylesterase Inactivation: Effect of Cavitation Intensity and Suhue on Inactivation, *Journal of Food Engineering*, 70, 189-196.
- Sastrohamidjojo, H., 2007, *Spektroskopi*, Edisi ketiga, Liberty, Yogyakarta.
- Schroeder, A., 2013, Using Ultrasound to Formulate Nanotherapeutics, *Pharmaceutical Chemistry*, Vol. 31 (6).
- Shishehbore, M., Afkhami, A., dan Bagheri, H., 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.

- Stum, W., dan Morgan, J. J., 1981, *Aquatic Chemistry*, Third Edition, Jhon Wiley, Inc., New York.
- Suslick, K., dan Price, G. J., 1999, Application of Ultrasound to Material Chemistry, *Annu. Rev. Mater. Sci.*, 295-326.
- Svehla, G., 1985, *Vogel: Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro Edisi Kelima*, PT Kalman Media Pustaka, Jakarta.
- Tan, K.H., 1991, *Dasar-Dasar Kimia Tanah*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Tang, B., Yuan, L., Shi, T., Yu, L., dan Zhu, Y., 2009, Preparation of Nano-Sized Magnetic Particles from Spent Pickling Liquors by Ultrasonic-Assisted Chemical Co-Precipitation, *Journal of Hazardous Materials* 163, 1173-1178.
- Teja, A. S., dan Koh, Pei-Yoong., 2009, Syntesis, Properties and Applications of Magnetic Iron Oxide Nanoparticles, *Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials*, 55, 22-45.
- Thomas, W. J., dan Crittenden, B. D., 1998, *Adsorption Technology and Design*, Butterworth-Hienemann, Oxford.
- Unal, B., Durmus, Z., Kavas, H., Baykal, A., dan Toprak, M., 2010, Synthesis, Conductivity and Dielectric Characterization of Salicylic Acid-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Nanocomposite, *Material Chemistry and Physics*, 184-190.
- Vlack, V. L. H., 1995, *Ilmu dan Teknologi Bahan* (diterjemahkan oleh Djaprie, S., Edisi 5, UI-Press, Jakarta.
- Voshchinin, S. A., Bul'ba, V. A., Ostryi, I. I., Pereslavytsev, A. V., dan Tresvyatskii, S. S., 2012, Problem of Utilization of Solid Production and Consumption Wastes: Plasma Treatment of Solid Wastes, *Russian of General Chemistry*, Vol. 82, No. 4, pp. 785-790.
- West, A. R., 1992, *Solid State Chemistry and Its Applications*, John Wiley and Sons, Ltd., New York.
- Williams, M. S., 2008, Core Chemistry of Gold and Its Complexes, *Inflammopharmacology*, Volume 16, pp 110-111.
- Yamaura, M., Camilo, R., dan Felinto, M., 2002, Synthesis and Performance of Organic-Coated Magnetite Particles, *Journal of Alloys and Compounds*, 152-156.

Yu, B. Y., dan Kwak, S. Y., 2010, Assembly of Magnetite Nanoparticles Into Spherical Mesoporous Aggregates with 3-D Worm Hole-Like Porous Structure, *The Royal Society of Chemistry 2010*.

Zur, C. dan Ariel, M., 1982, Seletive Recovery of Gold from Spent Gold Sulphite Solutions by Electrodeposition on Graphite Cloth Electrodes, *Journal of Applied Electrochemistry*, 12, 231-234.



---

# LAMPIRAN

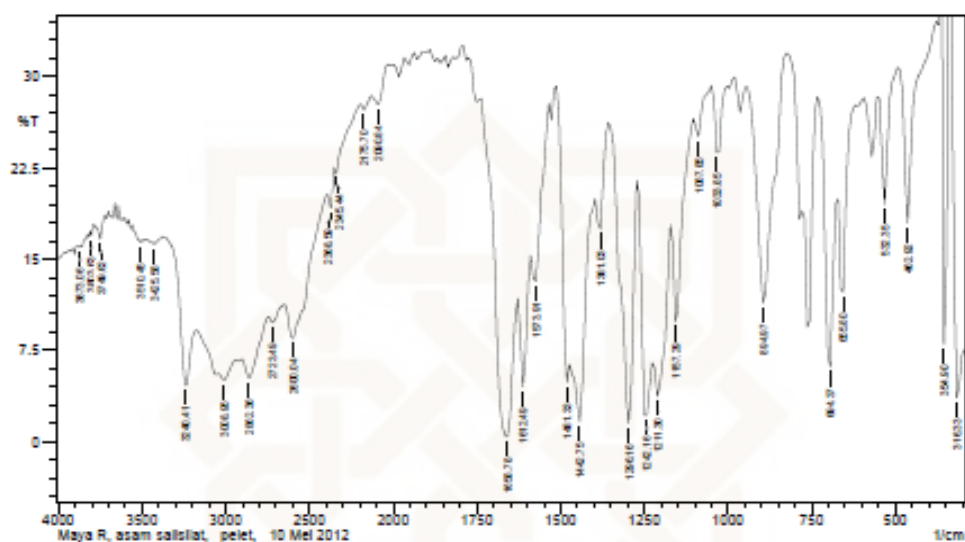
---

## Lampiran 1. Spektrum IR Asam Salisilat

SHIMADZU



Lab. Kimia Organik FMIPA - UGM



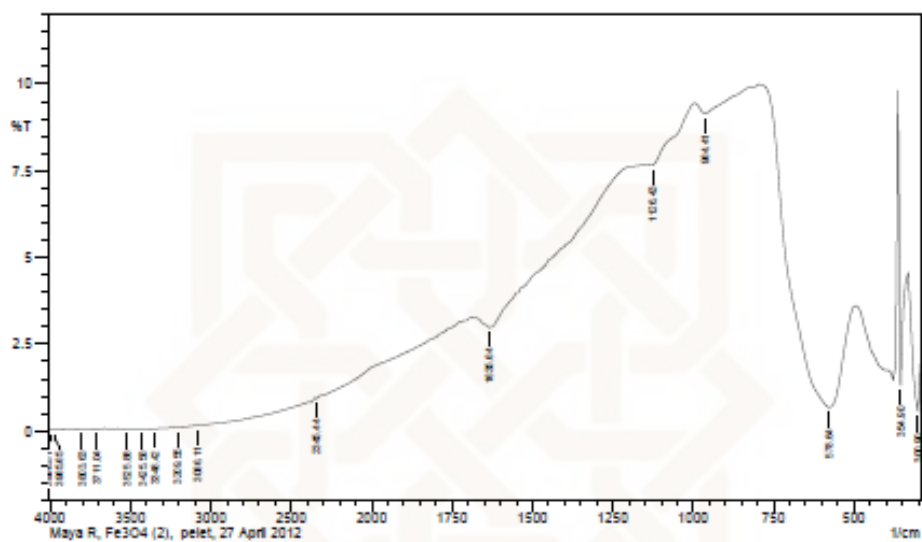
Peak	Intencity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	
1	316.33	3.585	19.046	331.76	293.18	45.749	12.302
2	354.9	7.986	44.89	362.62	339.47	15.917	10.814
3	462.92	17.995	13.317	486.06	385.76	55.418	6.223
4	532.35	19.51	9.432	547.78	493.78	31.386	2.869
5	655.8	12.291	10.182	671.23	634.94	32.739	4.225
6	694.37	6.152	15.894	732.95	678.94	45.622	11.155
7	894.97	11.388	18.885	941.26	825.53	78.529	19.038
8	1033.85	23.759	5.39	1049.28	1010.7	22.352	1.666
9	1087.85	25.088	2.257	1103.28	1049.28	30.27	0.515
10	1157.29	9.86	7.672	1165	1103.28	45.533	4.397
11	1211.3	3.714	4.288	1219.01	1172.72	51.504	7.766
12	1242.16	2.144	9.79	1265.3	1226.73	53.11	14.856
13	1296.16	1.493	21.305	1350.17	1273.02	78.79	30.05
14	1381.03	17.495	4.997	1396.46	1357.89	25.855	1.661
15	1442.75	1.633	8.958	1465.9	1404.18	70.517	12.482
16	1481.33	4.876	6.03	1512.19	1473.62	37.203	2.596
17	1573.91	13.215	5.109	1589.34	1519.91	47.537	2.261
18	1612.49	4.503	7.94	1627.92	1597.06	34.226	6.455
19	1658.78	0.393	13.911	1735.93	1635.64	126.55	47.409
20	2090.84	27.707	1.802	2129.41	2036.83	49.956	1.281
21	2175.7	27.29	0.601	2191.13	2137.13	30.084	0.285
22	2346.44	22.101	0.708	2353.16	2198.85	92.098	0.255
23	2368.59	19.241	2.429	2391.73	2353.16	26.659	1.018
24	2600.04	8.511	4.424	2646.34	2399.45	219.091	17.418
25	2723.49	9.8	0.606	2738.92	2654.05	83.058	0.962
26	2862.36	5.246	2.383	2900.94	2746.63	176.32	10.47
27	3008.95	5.069	0.854	3039.81	2939.52	124.276	2.93
28	3240.41	4.616	7.214	3356.14	3178.69	179.051	18.71
29	3425.58	16.226	0.515	3471.87	3379.29	72.414	0.576



## Lampiran 2. Spektrum IR Magnetit Standar



Lab. Kimia Organik FMIPA - UGM



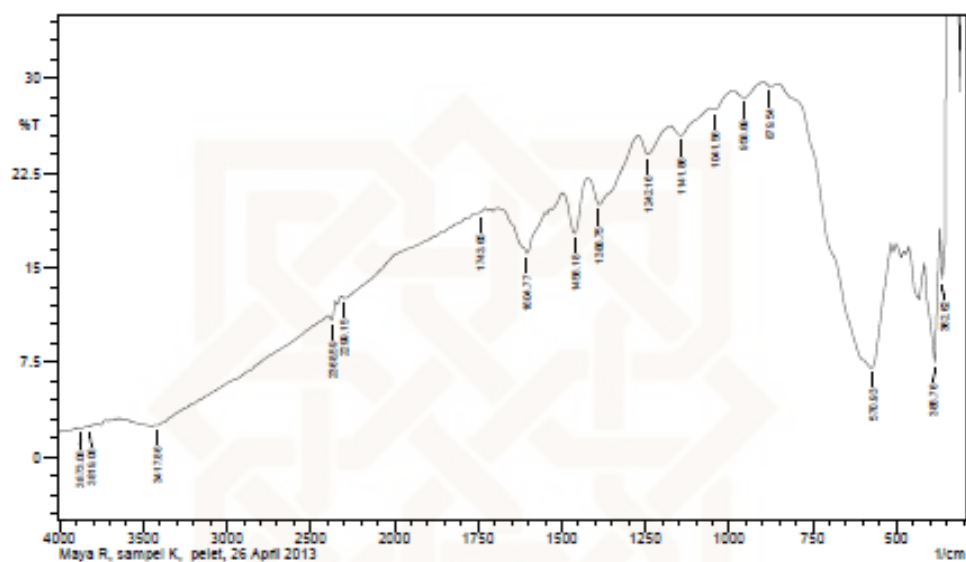
	Peak	Intencity	Corr. Intencity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	300.9	0.5486	1.9026	331.76	293.18	70.9729	10.5657
2	354.9	1.3068	6.6712	362.62	339.47	36.3236	7.4566
3	578.64	0.6727	4.6451	786.96	501.49	453.7168	103.5379
4	964.41	9.1519	0.3317	987.55	794.67	196.5877	1.242
5	1126.43	7.6567	0.2171	1141.86	995.27	157.1348	0.7748
6	1635.64	2.9809	0.7221	1689.64	1149.57	699.0971	5.9213
7	2345.44	0.9311	0.0587	2363.16	1689.64	1162.581	4.0614
8	3086.11	0.1514	0.0075	3093.82	2391.73	1702.7104	0.0695
9	3209.55	0.099	0.0035	3217.27	3101.54	336.6927	0.4693
10	3348.42	0.0579	0.0026	3356.14	3224.98	410.0044	1.5718
11	3425.58	0.0405	0.01	3456.44	3363.86	307.5391	3.932
12	3525.88	0.0474	0.0082	3556.74	3495.01	203.7191	2.5493
13	3711.04	0.049	0.0087	3726.47	3664.75	200.9048	2.7986
14	3803.63	0.0383	0.0031	3811.34	3772.76	130.2364	0.5986
15	3965.65	0.0231	0.0063	3973.36	3827.07	162.1869	1.9208
16	3996.51	0.0221	0.0039	4004.22	3961.08	83.492	1.0345

## Lampiran 3. Spektrum IR Mag-ASUS

SHIMADZU



Lab. Kimia Organik FMIPA - UGM



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	362.62	14.11	22	370.33	347.19	13.63	5.71
2	385.76	7.48	5.97	416.62	378.05	37.73	4.66
3	570.93	7.07	11.93	848.68	516.92	268.62	52.94
4	879.54	29.37	0.3	894.97	856.39	20.46	0.09
5	952.69	28.49	0.8	987.55	902.69	45.63	0.54
6	1041.56	27.58	0.26	1049.28	995.27	29.6	0.1
7	1141.86	25.46	1.16	1172.72	1056.99	66.75	0.93
8	1242.16	23.99	1.64	1265.3	1180.44	51.04	1.17
9	1388.75	19.98	2.85	1419.61	1273.02	95.96	4.57
10	1458.18	17.75	3.83	1496.76	1427.32	49.05	2.81
11	1604.77	15.14	4.07	1689.64	1504.48	135.79	7.44
12	1743.65	19.3	0.15	1751.36	1728.22	16.4	0.02
13	2299.15	12.6	0.33	2314.58	1789.94	427.87	4.24
14	2368.59	10.86	1.07	2391.73	2353.16	36.43	0.79
15	3417.86	2.52	0.07	3425.58	2399.45	1241.93	0.18
16	3819.05	2.39	0.09	3826.77	3795.91	49.45	0.25
17	3873.05	2.27	0.08	3888.49	3834.49	88.11	0.44

## Lampiran 4. Difraktogram Sinar-X Magnetit Standar

```

*** Basic Data Process ***
Name : Data 2012
Name : Prof Muryono-3
Name : Prof Muryono-3.FMB
e Name : Fe3O4 std
ct : Fe3O4 std

```

peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated (Counts)
32	35.4822	2.52792	100	0.26490	957	13490
53	52.6200	1.88229	34	0.36000	328	6090
25	36.1266	2.56380	29	0.27270	277	4423

```

k Data List

```

peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated (Counts)
1	15.2465	5.80663	3	0.33810	31	1130
2	16.5404	5.35520	3	0.42580	47	1267
3	16.9978	5.21220	3	0.15500	29	294
4	17.5266	5.05603	4	0.33330	35	771
5	18.2900	4.84668	10	0.27920	64	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	20.3600	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	0.44000	44	619
13	22.3200	3.97986	3	0.50000	29	1013
14	23.3190	3.84409	4	0.37800	43	744
15	23.4791	3.78594	4	0.23920	34	376
16	24.8000	3.70454	4	0.44000	36	907
17	24.9005	3.67296	4	0.40110	40	705
18	25.2458	3.62486	4	0.28170	34	452
19	26.7995	3.45059	4	0.39700	34	695
20	26.4071	3.37243	4	0.29430	34	464
21	27.3710	3.27932	10	0.32600	61	1659
22	27.8171	3.20460	4	0.37150	40	816
23	28.4480	3.13482	4	0.25670	35	532
24	29.3120	3.04448	4	0.26400	37	733
25	30.1206	2.96380	29	0.27270	277	4423
26	30.6600	2.91363	5	0.11340	49	571
27	31.5562	2.83290	4	0.13640	43	474
28	31.9487	2.79898	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	2.09500	22	0.30880	206	2758
41	47.1410	1.92624	3	0.23210	29	462
42	47.7266	1.90405	4	0.12960	36	400
43	51.0863	1.78649	9	0.23270	66	1318
44	53.5200	1.71873	12	0.24600	111	1712
45	53.9408	1.69845	3	0.22830	32	400
46	54.9114	1.66489	4	0.17730	42	374
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	55.2751	1.66056	3	0.22070	33	290
49	55.6676	1.64979	5	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	0.21760	73	1200
53	62.6200	1.48229	34	0.36000	326	6050
54	63.1977	1.47013	4	0.18960	38	407
55	65.8225	1.41771	4	0.16500	34	311
56	66.8982	1.39769	4	0.18360	34	440
57	71.1221	1.32452	5	0.20920	52	819
58	71.9919	1.31057	3	0.13040	31	108
59	74.1096	1.27034	9	0.29200	82	1494
60	75.0567	1.26454	3	0.16150	33	356
61	75.5096	1.25808	5	0.18430	46	530
62	78.9384	1.21183	3	0.22710	31	440
63	79.3066	1.20710	3	0.30670	29	474
64	80.2448	1.19533	4	0.20380	36	524
65	81.6233	1.17860	4	0.20670	37	594
66	84.7620	1.14278	4	0.17600	36	585
67	86.7525	1.12180	4	0.18980	35	388
68	89.5800	1.09336	7	0.35660	69	1360
69	89.8480	1.09099	5	0.20000	46	0

\*\*\* Basic Data Preview \*\*\*

§ Data Information

Group Name : Data 2012  
 Data Name : Prof Naryono-3  
 File Name : Prof Naryono-2.DAW  
 Sample Name : re304 std  
 Comment : Fe304 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 : 0.0200 (deg)  
 preset time : 0.24 (sec)

§ Data Process Condition

Smoothing : AUTO [  
 smoothing points : 21

B.G.Subtraction : AUTO [  
 sampling points : 27  
 repeat times : 30

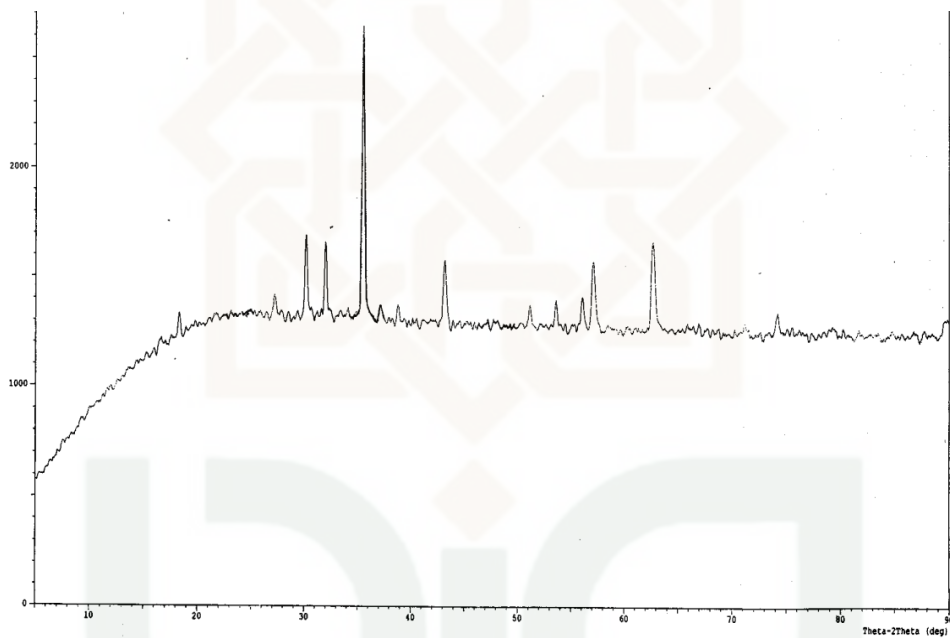
Kal-a2 Separate : MANUAL [  
 Kal a2 ratio : 50 (%)

Peak Search : AUTO [  
 differential points : 15  
 FWHM threshold : 0.050 (deg)  
 intensity threshold : 30 (par unit)  
 FWHM ratio (n-1)/n : 2

System error Correction : NO [  
 Precise peak Correction : NO [  
 ]

\*\*\* WAIT PLOT \*\*\*

File Name : Data 2012\Prof Wuryono-3  
Sample Name : Fe3O4 std Comment : Fe3O4 std  
Date & Time : 07-19-12 11:14:30  
Condition  
X-ray Tube : Cu(1.54060 Å) Voltage : 40.0 kV Current : 10.0 mA  
Scan Range : 5.0000 <-> 90.0000 deg Step Size : 0.0100 deg  
Count Time : 0.24 sec Slit DS : 1.00 deg SS : 1.00 deg RS : 0.30 mm



### Lampiran 5. Difraktogram Sinar-X Mag-ASUS

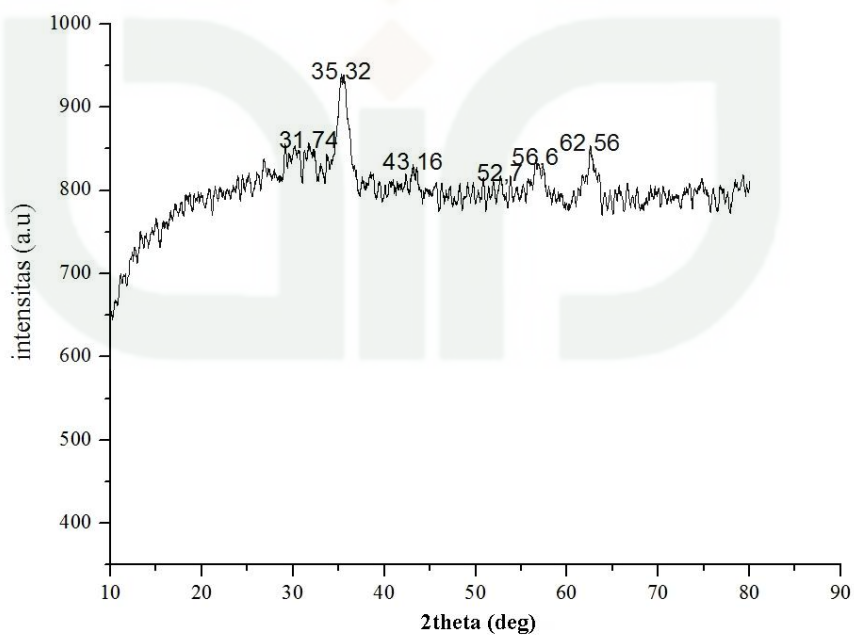
Group : Data 2013  
 Data : Maya Rahmayanti-8  
 File Name : Maya Rahmayanti-8.RAW

Profile Datafile  
 Sample Name = Fe304-ASUSIT (H)  
 comment = Fe304-ASUSIT (H)  
 date & time = 13-05-15 10:28:30

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)

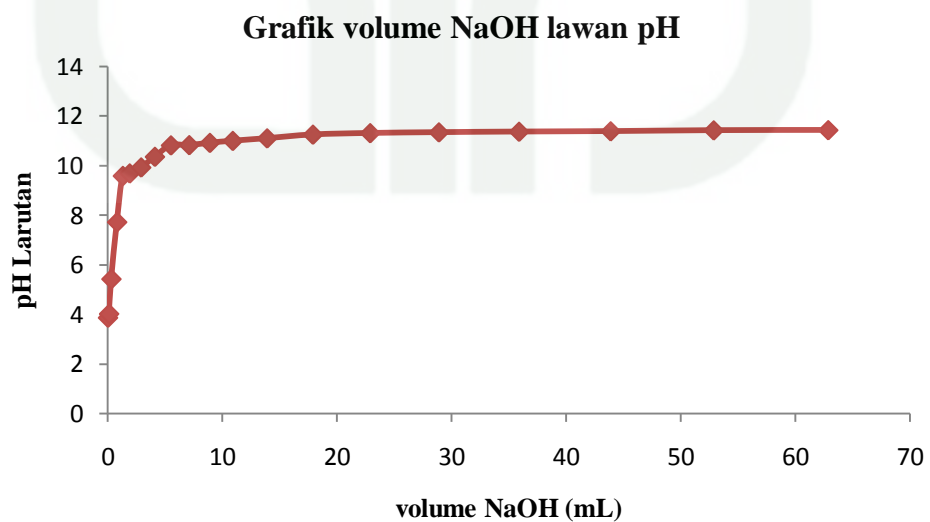
<2Theta>	< I >				
3.0000	502	31.1600	832	35.2000	925
3.0200	504	31.1800	835	35.2200	930
3.0400	504	31.2000	840	35.2400	934
3.0600	504	31.2200	845	35.2600	936
3.0800	503	31.2400	847	35.2800	936
3.1000	502	31.2600	847	35.3000	938
3.1200	504	31.2800	847	35.3200	940
3.1400	502	31.3000	848	35.3400	938
3.1600	502	31.3200	846	35.3600	936
3.1800	502	31.3400	845	35.3800	936
3.2000	499	31.3600	842	35.4000	932
3.2200	497	31.3800	839	35.4200	929
3.2400	491	31.4000	839	35.4400	927
3.2600	488	31.4200	839	35.4600	929
3.2800	485	31.4400	837	35.4800	937
3.3000	481	31.4600	836	35.5000	936
3.3200	480	31.4800	836	35.5200	937
3.3400	480	31.5000	839	35.5400	938
3.3600	475	31.5200	836	35.5600	935
3.3800	477	31.5400	839	35.5800	939
3.4000	475	31.5600	840	35.6000	935
3.4200	471	31.5800	841	35.6200	934
3.4400	468	31.6000	844	35.6400	929
3.4600	465	31.6200	848	35.6600	928
3.4800	463	31.6400	849	35.6800	930
3.5000	462	31.6600	849	35.7000	928
3.5200	463	31.6800	849	35.7200	927
3.5400	461	31.7000	854	35.7400	928
3.5600	460	31.7200	854	35.7600	926
		31.7400	857	35.7800	919

42.8800	813	56.3200	808	62.4200	826
42.9000	811	56.3400	813	62.4400	835
42.9200	813	56.3600	816	62.4600	841
42.9400	814	56.3800	815	62.4800	846
42.9600	816	56.4000	818	62.5000	849
42.9800	818	56.4200	818	62.5200	850
43.0000	817	56.4400	820	62.5400	852
43.0200	822	56.4600	824	62.5600	854
43.0400	824	56.4800	826	62.5800	852
43.0600	827	56.5000	828	62.6000	854
43.0800	825	56.5200	834	62.6200	852
43.1000	829	56.5400	834	62.6400	853
43.1200	827	56.5600	834	62.6600	847
43.1400	828	56.5800	833	62.6800	841
43.1600	831	56.6000	837	62.7000	843
43.1800	830	56.6200	834	62.7200	837
43.2000	828	56.6400	832	62.7400	839
43.2200	824	56.6600	829	62.7600	842
43.2400	819	56.6800	826	62.7800	840
43.2600	820	56.7000	825	62.8000	839
43.2800	817	56.7200	825	62.8200	838
43.3000	820	56.7400	825	62.8400	832
43.3200	818	56.7600	825	62.8600	829
43.3400	816	56.7800	828	62.8800	824
43.3600	816	56.8000	830	62.9000	826
43.3800	813	56.8200	832	62.9200	822
43.4000	812	56.8400	832	62.9400	824
43.4200	814	56.8600	832	62.9600	831
43.4400	818	56.8800	831	62.9800	830
43.4600	820	56.9000	830	63.0000	826



**Lampiran 6. Data Hasil Titrasi Mag-ASUS Menggunakan Larutan NaOH  
0,001 M**

Volume NaOH (mL)	pH
0	3,857
0,1	4,014
0,3	5,419
0,8	7,719
1,3	9,585
1,9	9,685
2,9	9,926
4,1	10,357
5,5	10,818
7,1	10,827
8,9	10,919
10,9	10,999
13,9	11,101
17,9	11,251
22,9	11,311
28,9	11,343
35,9	11,368
43,9	11,386
52,9	11,423
62,9	11,432

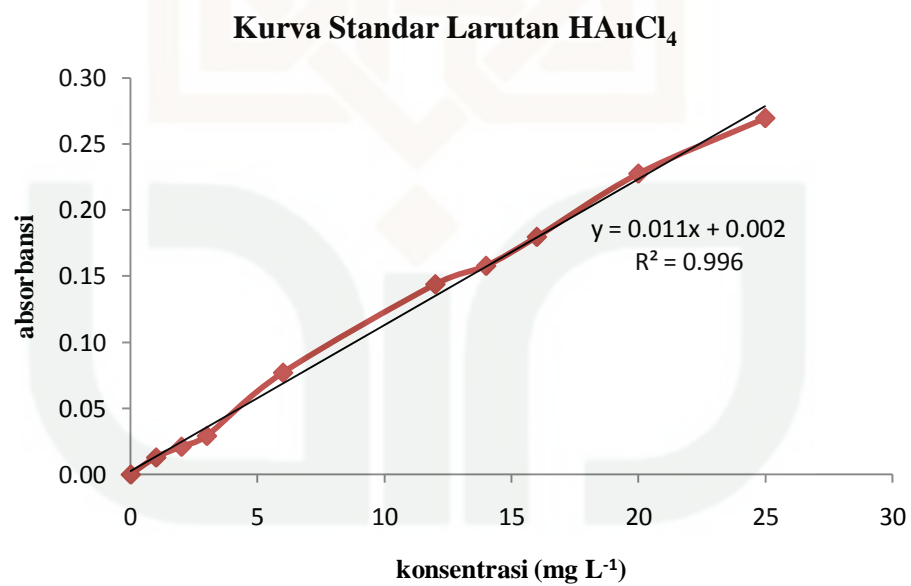




**Lampiran 7. Data Absorbansi Larutan Standar dan Kurva Standar [AuCl<sub>4</sub>]  
dalam Analisis dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)**

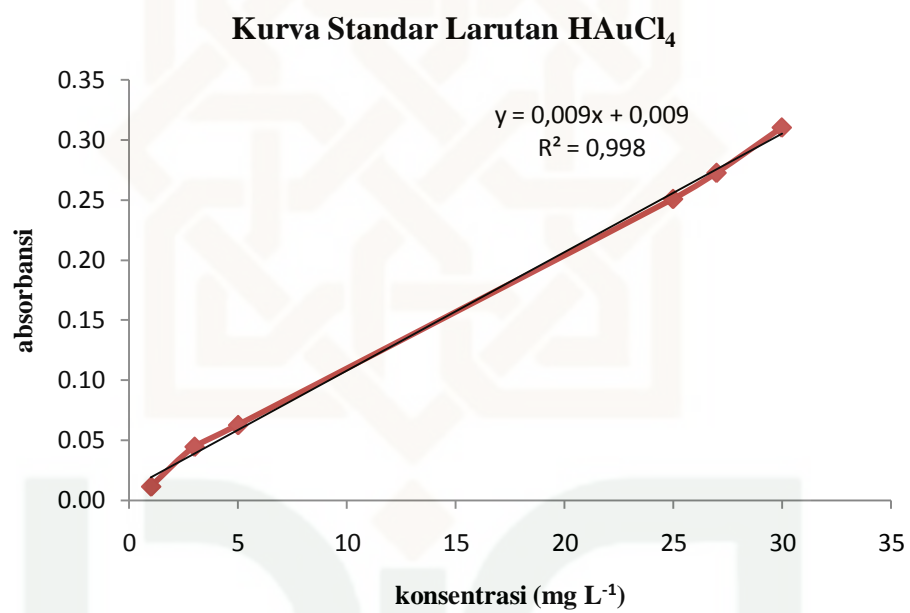
**1. Kurva Standar Larutan HAuCl<sub>4</sub> (Variasi pH)**

Konsentrasi (mg L <sup>-1</sup> )	Absorbansi
0	0,00001
1	0,01288
2	0,02100
3	0,02920
6	0,07696
12	0,14378
14	0,15771
16	0,17961
20	0,22742
25	0,26939



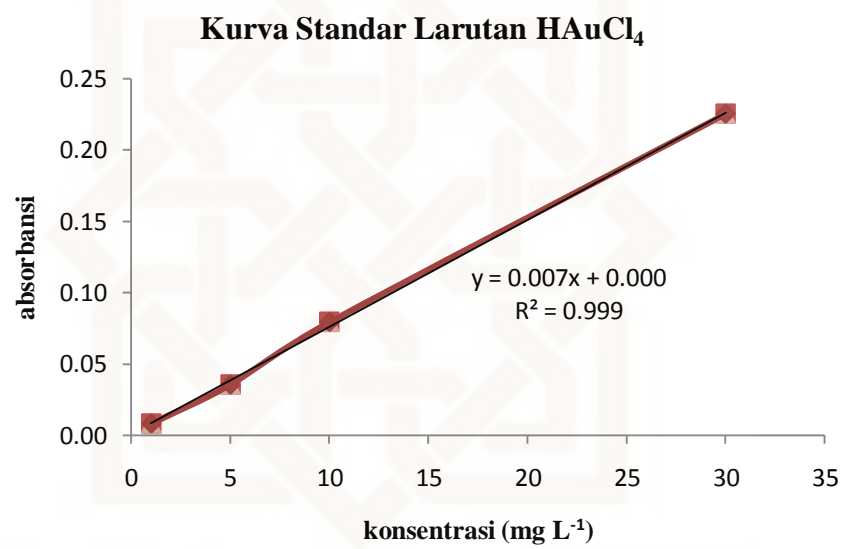
## 2. Kurva Standar Larutan HAuCl<sub>4</sub> (Variasi Waktu)

Konsentrasi (mg L <sup>-1</sup> )	Absorbansi
1	0,01153
3	0,04466
5	0,06272
25	0,25084
27	0,27258
30	0,31030



### 3. Kurva Standar Larutan H<sub>AuCl</sub><sub>4</sub> (Variasi Konsentrasi)

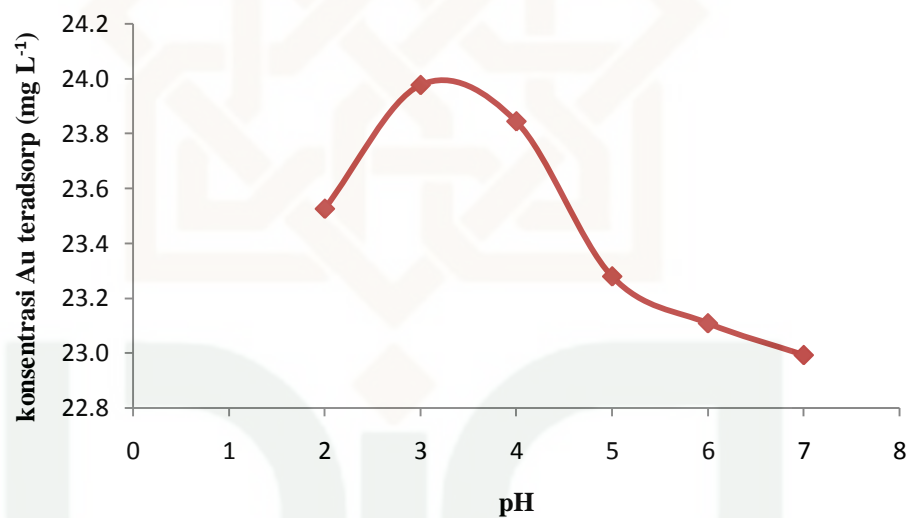
Konsentrasi (mg L <sup>-1</sup> )	Absorbansi
1	0,00814
5	0,03540
10	0,07930
30	0,22524



**Lampiran 8. Tabel dan Grafik Pengaruh pH Adsorpsi-Reduksi  $[\text{AuCl}_4]^-$  oleh Mag-ASUS**

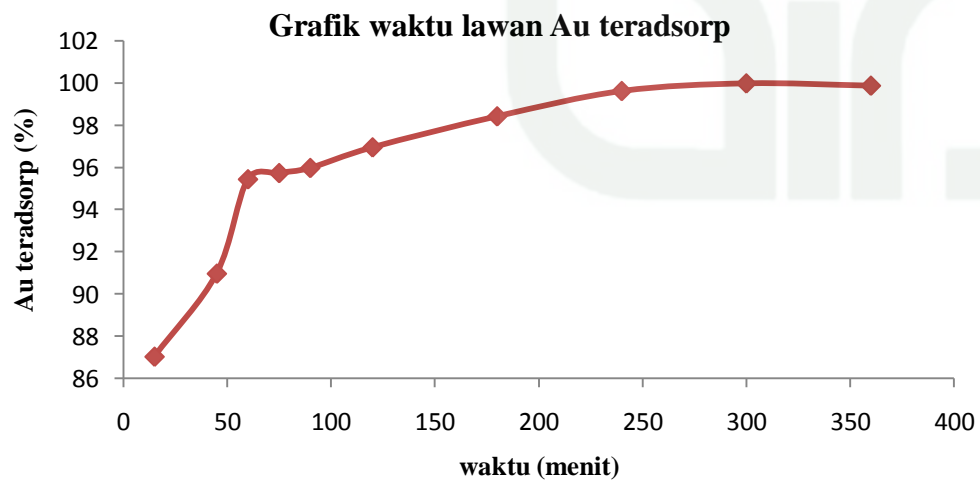
pH	A awal	A akhir	[Au awal] ( $\text{mg L}^{-1}$ )	[Au akhir] ( $\text{mg L}^{-1}$ )	[Au teradsorp] ( $\text{mg L}^{-1}$ )
2	0,26083	0,00205	23,53000	0,00420	23,52580
3	0,26754	0,00381	24,14000	0,16420	23,97580
4	0,26435	0,00207	23,85000	0,00620	23,84380
5	0,26149	0,00541	23,59000	0,31010	23,27990
6	0,25698	0,00278	23,18000	0,07070	23,10930
7	0,25786	0,00493	23,26000	0,26630	22,99370

**Grafik pH lawan konsentrasi Au teradsorp**



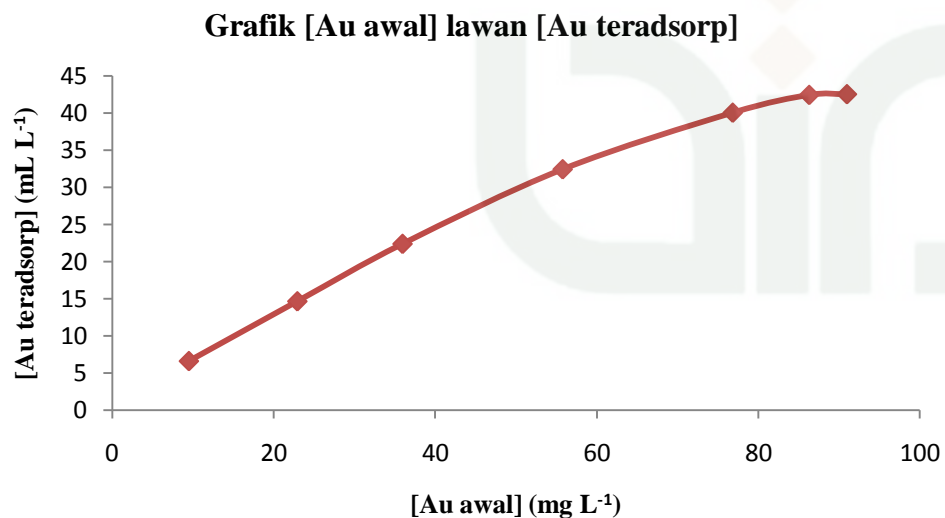
**Lampiran 9. Adsorpsi-Reduksi  $[\text{AuCl}_4]$  oleh Mag-ASUS sebagai Fungsi Waktu pada pH 3**

Waktu (menit)	A awal	A akhir	[Au awal] ( $\text{mg L}^{-1}$ )	[Au akhir] ( $\text{mg L}^{-1}$ )	[Au teradsorp] ( $\text{mg L}^{-1}$ )	[Au teradsorp] (%)
15	0,27422	0,04337	29,46889	3,81889	25,65000	87,04095
45	0,27422	0,03293	29,46889	2,65889	26,81000	90,97730
60	0,27422	0,02107	29,46889	1,34111	28,12778	95,44906
75	0,27422	0,02029	29,46889	1,25444	28,21444	95,74316
90	0,27422	0,01965	29,46889	1,18333	28,28556	95,98447
120	0,27422	0,01706	29,46889	0,89556	28,57333	96,96101
180	0,27422	0,01316	29,46889	0,46222	29,00667	98,43149
240	0,27422	0,00998	29,46889	0,10889	29,36000	99,63050
300	0,27422	0,00902	29,46889	0,00222	29,46667	99,99246
360	0,27422	0,00931	29,46889	0,03444	29,43444	99,88312



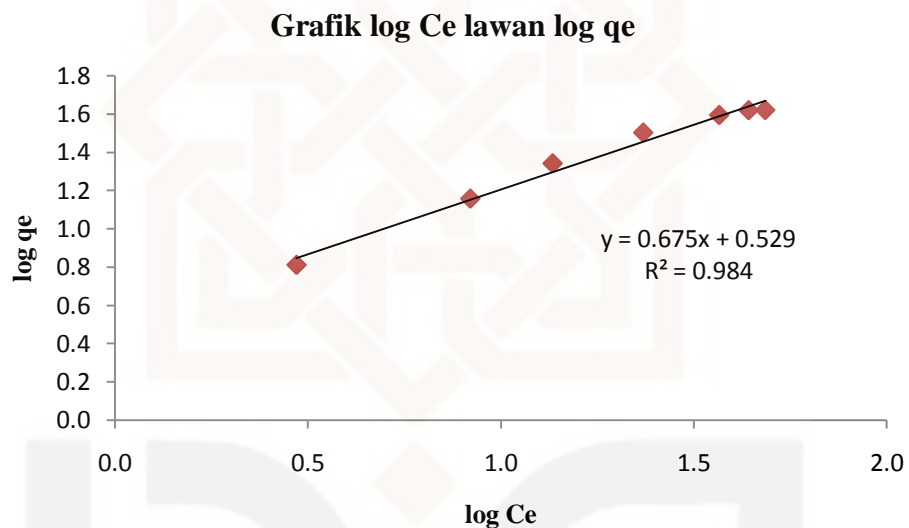
**Lampiran 10. Isoterm Adsorpsi-Reduksi  $[\text{AuCl}_4]^-$  oleh Mag-ASUS**

[Au Awal] ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Absorbansi		[Au awal] ( $\text{mg L}^{-1}$ )	[Au akhir] ( $\text{mg L}^{-1}$ )	[Au teradsorp] ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Massa Adsorben (gram)	Jumlah Au teradsorp per massa adsorben ( $\text{mg g}^{-1}$ )
	Awal	Akhir					
10	0,06676	0,02065	9,53645	2,95007	6,58638	0,01020	6,45724
25	0,16069	0,05830	22,95627	8,32869	14,62758	0,01020	14,34076
30	0,25182	0,09534	35,97364	13,61933	22,35431	0,01020	21,91599
40	0,39050	0,16378	55,78568	23,39773	32,38795	0,01020	31,75289
60	0,53781	0,25782	76,83071	36,83214	39,99857	0,01020	39,21428
80	0,60406	0,30734	86,29393	43,90540	42,38853	0,01020	41,55738
100	0,63675	0,33933	90,96393	48,47501	42,48892	0,01020	41,65580



### Lampiran 11. Perhitungan Isoterm Adsorpsi Freundlich untuk Mag-ASUS

Ce (mg L <sup>-1</sup> )	qe (mg g <sup>-1</sup> adsorben)	log Ce	log qe
2,95007	6,45724	0,46983	0,81005
8,32869	14,34076	0,92058	1,15657
13,61933	21,91599	1,13416	1,34076
23,39773	31,75289	1,36917	1,50178
36,83214	39,21428	1,56623	1,59344
43,90540	41,55738	1,64252	1,61865
48,47501	41,65580	1,68552	1,61968



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

plot grafik log C<sub>e</sub> lawan log q<sub>e</sub>, menghasilkan kurva linier:

$$y = 0,675x + 0,529$$

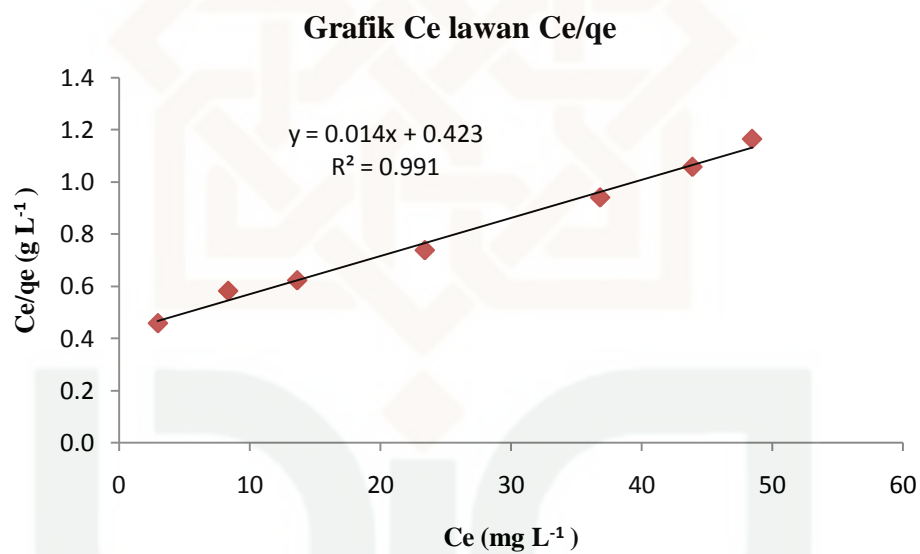
$$r = 0,984$$

$$\text{slope} = \frac{1}{n} = 0,675, \text{ maka } n = 1,4814$$

$$\begin{aligned} \text{intersep} = \log K_F = 0,529, \text{ maka } K_F &= 3,3806 \text{ mg g}^{-1} = 9,9494 \times 10^{-3} \text{ mmol g}^{-1} \\ &= 0,0099 \times 10^{-4} \text{ mol g}^{-1} \end{aligned}$$

### Lampiran 12. Perhitungan Isoterm Adsorpsi Langmuir untuk Mag-ASUS

Co (mg L <sup>-1</sup> )	Ce (mg L <sup>-1</sup> )	Ca (mg L <sup>-1</sup> )	Massa adsorben (gram)	Volume (L)	qe (mg g <sup>-1</sup> adsorben)	Ce/qe (g L <sup>-1</sup> )
9,53645	2,95007	6,58638	0,01020	0,01000	6,45724	0,45686
22,95627	8,32869	14,62758	0,01020	0,01000	14,34076	0,58077
35,97364	13,61933	22,35431	0,01020	0,01000	21,91599	0,62143
55,78568	23,39773	32,38795	0,01020	0,01000	31,75289	0,73687
76,83071	36,83214	39,99857	0,01020	0,01000	39,21428	0,93925
86,29393	43,90540	42,38853	0,01020	0,01000	41,55738	1,05650
90,96393	48,47501	42,48892	0,01020	0,01000	41,65580	1,16370



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

Plot grafik  $C_e$  lawan  $C_e/q_e$  menghasilkan kurva linier:

$$y = 0,014x + 0,423$$

$$R^2 = 0,991$$

$$\text{slope} = \frac{1}{q_{max}} = 0,014$$



$$\text{maka } q_{\max} = \frac{1}{\text{slope}} = 71,4285 \text{ mg g}^{-1}$$

$$\begin{aligned} q_{\max} &= \frac{71,4285 \text{ mg g}^{-1}}{339,779 \text{ mmol g}^{-1}} = 0,2102 \text{ mmol g}^{-1} = 0,0002 \text{ mol g}^{-1} \\ &= 2 \times 10^{-4} \text{ mol g}^{-1} \end{aligned}$$

$$\text{intersep} = \frac{1}{q_{\max} \cdot K_L} = 0,423$$

$$\text{maka } K_L = \frac{1}{q_{\max} \cdot \text{intersep}} = 0,0331 \text{ L mg}^{-1}$$

$$\begin{aligned} \text{Energi adsorpsi} &= -\Delta G^{\circ} = RT \ln K \\ &= 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times (30+273) \text{ K} \times \ln (11.820) \\ &= 23.623,3757 \text{ J mol}^{-1} \\ &= 23,6234 \text{ kJ mol}^{-1} \end{aligned}$$