

**SINTESIS MAGNETIT TERLAPISI ASAM SALISILAT (Mag-AS) DAN
APLIKASINYA UNTUK ADSORPSI-REDUKSI [AuCl₄]**

SKRIPSI

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



**Khikmatun Khasanah
09630039**

**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 : Khikmatun Khasanah

NIM : 09630039

Judul Skripsi : Sintesis Magnetit Terlapisi Asam Salisilat (Mag-AS) dan Aplikasinya untuk Adsorpsi-Reduksi [AuCl₄]⁻

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, 13 Februari 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 : Khikmatun Khasanah

NIM : 09630039

Judul Skripsi : Sintesis Magnetit Terlapisi Asam Salisilat (Mag-AS) dan Aplikasinya untuk Adsorpsi-Reduksi [AuCl₄]⁻

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, 13 Februari 2014

Konsultan

Endarujit Sedyadi, S.Si.,M.Sc



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 : Khikmatun Khasanah

NIM : 09630039

Judul Skripsi : Sintesis Magnetit Terlapisi Asam Salisilat (Mag-AS) dan Aplikasinya 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.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 13 Februari 2014

Konsultan

Irwan Nugraha, M.Sc
19820329 201101 1 005

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : KhikmatunKhasanah
NIM : 09630039
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi

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

SINTESIS MAGNETIT TERLAPISI ASAM SALISILAT (Mag-AS) DAN APLIKASINYA UNTUK ADSORPSI-REDUKSI $[AuCl_4]^-$

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, 12 Februari 2014

Yang menyatakan



KhikmatunKhasanah
NIM. 09630039



PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nomor : UIN.02/D.ST/PP.01.1/507/2014

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Sintesis Magnetit Terlapisi Asam Salisilat (Mag-AS) dan Aplikasinya untuk Adsorpsi-Reduksi $[AuCl_4]^-$

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :

Nama : Khikmatun Khasanah

NIM : 09630039

Telah dimunaqasyahkan pada : 7 Februari 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

Endaruj Sedyadi, M.Sc

Penguji II

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

Yogyakarta, 7 Februari 2014

UIN Sunan Kalijaga
Fakultas Sains dan Teknologi
Dekan



Prof. Drs. H. Akh. Minhaji, M.A, Ph.D
NIP. 19580919 198503 1 002

MOTTO

“Dan Nikmat Tuhanmu manakah yang engkau dustakan?”

(ar-Rahman)

Pendidikan adalah rangkaian pelajaran yang semakin lama malah semakin tinggi nilainya.

(The Adventure of Red Circle)

“There's no point having wishes if you don't at least try to do them”

(Sally Nicholls)

"Mengandalkan seseorang tanpa berusaha dulu. Itu tidak baik ! Di sini lebih baik kita saja yang melakukan sesuatu. Sebab, suatu saat.. mungkin tak ada lagi, orang yang bisa diandalkan lagi"

(Jodie Starling)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Syukur atas kehadiran Allah SWT, Karya ini kupersembahkan untukmu:

Ayah dan Ibuku Tercinta

Kakak-kakakku dan Adik-adikku Tersayang

Keluarga Besarku Tersayang

Almamaterku Prodi Kimia

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayah serta inayah-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Sholawat serta salam juga tidak lupa penulis panjatkan kepada junjungan kita nabi besar Muhammad SAW. Nabi akhir zaman yang menjadi suri tauladan sepanjang hayat.

Dalam penulisan skripsi ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan. Oleh karena itu, penulis mengucapkan rasa terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Prof. Drs. H. Akh. Minhaji, Ph.D., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Esti Wahyu Widowati, S.Si., M.Biotech selaku Ketua Program Studi Kimia dan segenap dosen dalam lingkungan Prodi Kimia.
3. Ibu Susy Yunita Prabawati, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik.
4. Ibu Maya Rahmayanti, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang senantiasa meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya yang tak pernah lelah dan begitu sabar memberikan bimbingan, arahan, serta motivasi selama penulisan skripsi ini.
5. 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 dorongan dan pengarahan selama proses penelitian.

6. Ayah dan Ibu tercinta Bapak Muhammad Badawi dan Ibu Munyati yang senantiasa mendoakan serta memberikan dorongan baik moril maupun materiil kepada penulis. Kakak-kakakku (Mba Hani, Mba Yuni, Mas Baihaqi, Mas Barok, Mba Khusnul) dan adik-adikku (Hali dan Ibah), kalianlah sumber inspirasi dan motivasi terbesarku. Terimakasih atas seluruh bantuan doa dan dukungannya
7. Sahabat-sahabat seperjuangan Wafiratul husna, Jazarotun Nisak, Astuti Paweni, Ula Nurul Fadlillah, Nura Lailatussoimah, Sofiyannah, Titik Oktaviyanti, Ferial Sarah, Mukhlasoh, Nailal Muna, Imam Agus Mustofa, dan seluruh keluarga besar Prodi Kimia angkatan 2009 UIN Sunan Kalijaga yang tak bisa penulis sebutkan satu per satu, terimakasih telah mewarnai hidupku, kalian akan selalu ku kenang.
8. Teman-teman IMAKTA khususnya Sumi Dee dan penghuni kontrakan “Racopent Gowox” serta para penghuni Basecamp IMAKTA.
9. Teman kostku, khususnya Tusfiyatul Aimmah, terimakasih atas semua dukungannya dan tak pernah jemu mendengarkan keluhanku.
10. Pihak-pihak lain yang telah membantu penulis dalam penulisan skripsi ini baik langsung dan/atau tidak langsung yang tidak mampu penulis sebutkan satu-persatu.

Semoga Allah swt. memberikan imbalan dan pahala yang berlipat ganda pada pihak-pihak tersebut. *Jaza>kum Alla>hu ahsanal Jaza>'.*

Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada penulis khususnya dan kepada para pembaca pada umumnya. Penulis

sadar bahwa dalam penulisan skripsi ini masih belum sempurna, sehingga penulis selalu membuka diri akan segala masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan skripsi ini.

Yogyakarta, 22 Januari 2014

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN NOTA DINAS KONSULTAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
MOTTO	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
ABSTRAK	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Batasan Masalah.....	4
C. Rumusan Masalah	5
D. Tujuan Penelitian	5
E. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Tinjauan Pustaka	6
B. Landasan Teori.....	7
1. Emas	7
2. Asam Salisilat.....	10
3. Magnetit	12
4. Metode Kopresipitasi	14
5. Adsorpsi	17
6. Spektroskopi FTIR	22
7. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	24
8. Spektroskopi Serapan Atom.....	26

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	28
A. Waktu dan Tempat Penelitian	28
B. Alat dan Bahan.....	28
C. Prosedur Penelitian.....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
A. Sintesis Magnetit Terlapisi Asam Salisilat	33
B. Karakterisasi Magnetit Terlapisi Asam Salisilat (Mag-AS)	33
1. Karakterisasi Magnetit Terlapisi Asam Salisilat (Mag-AS) dengan FTIR.....	33
2. Karakterisasi Magnetit Terlapisi Asam Salisilat (Mag-AS) dengan XRD.....	35
C. Uji Kemagnetan	36
D. Uji Ikatan antara Magnetit dengan Asam Salisilat.....	37
E. Pengaruh pH Terhadap Adsorpsi-Reduksi $[\text{AuCl}_4]^-$ pada Mag-AS.....	38
F. Pengaruh Waktu Terhadap Adsorpsi-Reduksi $[\text{AuCl}_4]^-$ pada Mag-AS	40
G. Penentuan Isoterm Adsorpsi ion $[\text{AuCl}_4]^-$ pada Mag-AS	41
H. Visualisasi Mag-AS sebelum dan pasca adsorpsi $[\text{AuCl}_4]^-$	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	47
A. Kesimpulan	47
B. Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Persen distribusi ion kompleks Au(III) dan pH dalam larutan Berair	9
Gambar 2. 2	Struktur asam salisilat.....	11
Gambar 2. 3	Sistem Keseimbangan Fe-Air dengan Variasi pH.....	15
Gambar 2.4	Skema instrumen FTIR	22
Gambar 2.5	Visualisasi Persamaan Bragg	23
Gambar 2.6	Spektroskopi serapan atom.....	26
Gambar 4.1	Hasil FTIR : (A) standar asam salisilat; (B) magnetit standar; dan (C) Mag-AS.....	34
Gambar 4.2	Difraktogram Mag-AS dan difraktogram magnetit standar	35
Gambar 4.3	Uji kemagnetan menggunakan medan magnet dari luar	36
Gambar 4.4	Kurva titrasi larutan NaOH pada Mag-AS	37
Gambar 4.5	Struktur Mag-AS	38
Gambar 4.6	Grafik pengaruh pH larutan terhadap adsorpsi $[\text{AuCl}_4]^-$	39
Gambar 4.7	Pengaruh variasi waktu terhadap adsorpsi-reduksi ion $[\text{AuCl}_4]^-$ pada Mag-AS	41
Gambar 4.8	Grafik isoterm Langmuir	42
Gambar 4.9	Grafik isoterm Freundlich	43
Gambar 4.10	Kurva hubungan $[\text{AuCl}_4]^-$ awal dengan $[\text{AuCl}_4]^-$ teradsorp	43
Gambar 4.11	Hasil Fotomikroskop (a) Mag-AS, (b) Mag-AS yang mengadsorp Au, (c) Mag-AS setelah pemisahan dengan logam Au, (d) logam Au setelah dipisahkan dari Mag-AS	45

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Pita Absorpsi Inframerah	23
Tabel 4.1	Perhitungan kapasitas adsorpsi Mag-AS	43



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Spektra Magnetit standar	53
Lampiran 2	Spektra Mag-AS	54
Lampiran 3	Tabel JCPS magnetit.....	55
Lampiran 4	Hasil Titrasi NaOH 0,001 M pada Mag-AS	56
Lampiran 5	Tabel Hasil Perhitungan Pengaruh Variasi pH Terhadap adsorpsi $[\text{AuCl}_4]^-$ pada Mag-AS	57
Lampiran 6	Grafik Pengaruh Variasi waktu terhadap adsorpsi $[\text{AuCl}_4]^-$ pada Mag-AS.....	58
Lampiran 7	Data Isoterm Adsorpsi	59

ABSTRAK

SINTESIS MAGNETIT TERLAPISI ASAM SALISILAT (Mag-AS) DAN APLIKASINYA UNTUK ADSORPSI-REDUKSI $[\text{AuCl}_4]^-$

Oleh:

Khikmatun Khasanah

09630039

Pembimbing:

Maya Rahmayanti, M.Si

NIP 19810627 200604 2 003

Pada penelitian ini telah disintesis magnetit terlapis asam salisilat menggunakan metode kopresipitasi dan dipelajari aplikasinya untuk adsorpsi-reduksi $[\text{AuCl}_4]^-$. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengembangkan suatu material yang dapat digunakan untuk proses adsorpsi-reduksi $[\text{AuCl}_4]^-$ yang lebih efektif.

Sintesis dilakukan menggunakan metode kopresipitasi pada temperatur 60°C , digunakan 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-AS hasil sintesis dikarakterisasi dengan spektrofotometer inframerah dan difraktometer sinar-X. Aplikasi Mag-AS untuk adsorpsi-reduksi $[\text{AuCl}_4]^-$ dipelajari dengan mengkaji pengaruh pH, waktu interaksi dan isoterm adsorpsi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Mag-AS tidak hanya memiliki kemampuan adsorpsi yang baik, tetapi juga memiliki sifat magnet sehingga proses pemisahan kembali mudah dilakukan dengan medan magnet eksternal. Adsorpsi optimum $[\text{AuCl}_4]^-$ oleh Mag-AS tercapai pada pH 3 dengan kesetimbangan adsorpsi-reduksi selama 120 menit. Kapasitas adsorpsi $[\text{AuCl}_4]^-$ menggunakan Mag-AS mengikuti pola isoterm Langmuir sebesar $6,53 \times 10^{-5}$ mol/g.

Kata kunci: Magnetit, Asam Salisilat, Adsorpsi-Reduksi, Larutan $[\text{AuCl}_4]^-$

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kebutuhan akan alat-alat elektronik terus meningkat setiap tahun. Terlebih lagi perkembangan teknologi yang inovatif serta strategi pemasaran yang memikat menyebabkan penggantian peralatan elektronik berlangsung lebih cepat sehingga produksi alat-alat elektronik pun terus ditingkatkan. Peningkatan produksi dan penggunaan alat elektronik yang terus meningkat sebanding dengan jumlah limbah elektronik yang dihasilkan. Setiap tahun 20-50 juta ton limbah elektronik dan listrik dihasilkan di dunia. Limbah jenis ini terus meningkat sedikitnya 3-5% per tahun (Gramatyka *et al.*, 2007).

Limbah elektronik merupakan buangan barang elektronik yang sudah tidak digunakan lagi serta limbah yang dihasilkan oleh pabrik barang-barang elektronik. Secara umum, limbah elektronik mengandung plastik (30%), oksida keras (30%) dan logam (40%). Logam yang terkandung dalam limbah tersebut antara lain tembaga (20%), nikel (2%), timah (4%), dan timbal (2%). Selain itu juga terdapat logam bernilai jual tinggi seperti perak (0,02%) serta emas (0,1%) (Gramatyka *et al.*, 2007). Menurut Parajuli *et al.*. (2006) meskipun kandungan emas dalam satu set peralatan elektronik lebih rendah dibandingkan dengan logam lainnya ternyata jumlah ini lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan emas dalam bijihnya.

Dengan adanya kandungan logam berharga terutama emas dalam limbah elektronik, berbagai penelitian tentang pemisahan logam emas tersebut dari

larutannya telah dikembangkan. Beberapa metode yang telah dilakukan antara lain: elektrolisis, adsorpsi dengan karbon aktif atau resin penukar ion, reduksi untuk mengendapkan emas dengan reagen, seperti sulfur klorida, pemisahan dengan membran, adsorpsi-reduksi (Sun dan Yen, 1993).

Di antara metode yang telah dilakukan, metode adsorpsi dianggap sebagai metode yang paling murah, mudah dioperasikan, sederhana serta memiliki kapasitas yang besar (Thomas dan Crittenden, 1998). Selain metode adsorpsi, dalam penggunaan metode di atas diperlukan proses pemisahan padat-cair untuk membersihkan larutan dari pengotornya. Adanya komplikasi dan biaya tambahan dalam proses pemisahan tersebut membuat proses adsorpsi menjadi lebih menarik. Metode adsorpsi ini didasarkan pada interaksi ion logam dengan gugus fungsional yang ada pada permukaan adsorben dan biasanya terjadi pada permukaan padatan yang kaya gugus fungsional seperti $-OH$, $-NH$, $-SH$, dan $-COOH$ (Stum dan Morgan, 1996).

Proses pengambilan kembali (*recovery*) emas telah berhasil dilakukan oleh Ogata dan Nakano (2005) menggunakan senyawa tannin yang memiliki banyak gugus hidroksi ($-OH$). Penelitian ini dilakukan dengan cara adsorpsi-reduksi, dimana adsorpsi dan reduksi $Au(III)$ menjadi $Au(0)$ yang terjadi bersamaan dan disertai terjadinya oksidasi gugus hidroksi senyawa tannin.

Salah satu material yang sudah dikenal untuk untuk adsorpsi emas adalah magnetit (Alorro *et al.*, 2010). Magnetit memiliki permukaan yang luas serta situs permukaan yang reaktif sehingga dapat mengikat senyawa organik secara alami. Selain itu juga dapat digunakan untuk memisahkan dan menghilangkan protein,

serta senyawa molekul biologi lainnya. Untuk mengoptimalkan penggunaan magnetit sebagai adsorben untuk *recovery* emas, material ini masih memerlukan metode untuk mereduksi emas yang teradsorpsi menjadi bentuk murninya. Shishehbore *et al.*. (2011) telah menggunakan magnetit nanopartikel terlapisi silika dan dimodifikasi dengan asam salisilat dapat dengan mudah membawa dan memisahkan logam target.

Dalam penelitian Santosa *et al.*. (2011), pelapisan magnetit dengan senyawa organik asam humat dapat mereduksi $[\text{AuCl}_4]^-$. Proses reduksi disebabkan adanya gugus karboksilat (-COOH) dan gugus hidroksi (-OH) yang mereduksi Au(III) menjadi Au(0). Pemisahan Au(0) ini dilakukan dengan ekstraksi fasa padat dari adsorben menggunakan medan magnet dari luar, sehingga adsorben dapat digunakan kembali (*reuse*).

Berdasarkan keberhasilan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan magnetit terlapisi asam salisilat yang dapat digunakan sebagai adsorben sekaligus reduktor yang dapat digunakan kembali. Selain itu juga diharapkan dapat digunakan sebagai adsorben yang ramah lingkungan. Asam salisilat merupakan senyawa organik yang memiliki gugus hidroksi (-OH) sehingga dapat mereduksi ion Au(III) menjadi Au(0). Proses pemisahan dilakukan dengan menggunakan medan magnet luar, sehingga adsorben akan ditarik oleh medan magnet luar dan akan dihasilkan Au(0).

B. Batasan Masalah

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

1. Senyawa organik yang digunakan untuk melapisi magnetit adalah asam salisilat.
2. Metode yang digunakan dalam sintesis magnetit terlapisi asam salisilat adalah metode kopresipitasi secara langsung.
3. Sumber emas (Au) pada penelitian ini adalah larutan HAuCl_4 .
4. Parameter kondisi optimum yang akan diteliti dalam interaksi Mag-AS dengan larutan HAuCl_4 yang akan diteliti adalah pH reaksi (2-7), waktu reaksi (15, 30, 45, 75, 90, 120, 180, dan 240 menit) dan konsentrasi larutan HAuCl_4 (10, 30, 60, 80, dan 100 ppm).
5. Penggunaan Mag-AS belum dijadikan sebagai adsorben yang dapat digunakan kembali (*reuse*).
6. Model isoterm yang digunakan adalah isoterm Freundlich dan isoterm Langmuir.

C. Rumusan Masalah

Dari uraian di atas, dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakterisasi Mag-AS yang disintesis dengan metode kopresipitasi secara langsung?
2. Bagaimana kemampuan adsorpsi-reduksi Mag-AS terhadap larutan HAuCl_4 pada variasi pH, variasi waktu, dan variasi konsentrasi?
3. Bagaimana isoterm adsorpsi $[\text{AuCl}_4]^-$ pada Mag-AS?

D. Tujuan penelitian

Berdasarkan perumusan di atas, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui karakterisasi Mag-AS yang disintesis dengan metode kopresipitasi.
2. Mengetahui kemampuan adsorpsi-reduksi Mag-AS terhadap larutan HAuCl_4 pada variasi pH, variasi waktu, dan variasi konsentrasi.
3. Mengetahui model isoterm adsorpsi yang sesuai untuk adsorpsi $[\text{AuCl}_4]^-$ pada Mag-AS.

E. Manfaat penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat diantaranya:

1. Memberikan informasi karakteristik Mag-AS hasil sintesis dengan metode kopresipitasi.
2. Memberikan informasi tentang kemampuan Mag-AS dalam mengadsorpsi dan mereduksi Au(III) dalam variasi pH dan waktu, sehingga selanjutnya dapat digunakan untuk pengolahan limbah emas sesungguhnya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Karakterisasi Mag-AS dengan metode kopresipitasi secara langsung diketahui dengan menggunakan FTIR dan XRD. Berdasarkan data FTIR, pelapisan asam salisilat berhasil dilakukan dengan adanya gugus C=C, C=O, O-H, dan COOH pada magnetit. Dari data XRD diketahui difraksi kubik spinel magnetit berdasarkan puncak-puncak difraksi Indeks Miller [220], [311], [400], [511], dan [440].
2. Adsorpsi optimum Mag-AS dilakukan pada pH 3 selama 2 jam pada konsentrasi 60 ppm
3. Model isoterm yang sesuai untuk penelitian ini adalah model isoterm Langmuir dengan kapasitas adsorpsi Mag-AS sebanyak $6,53 \times 10^{-5}$ mol/g.

B. Saran

Dengan adanya berbagai keterbatasan dalam penelitian yang telah dilakukan, maka untuk pengembangan lebih lanjut disarankan untuk dilakukan beberapa penelitian berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian mengenai kinetika adsorpsi ion $[\text{AuCl}_4]^-$ pada Mag-AS.
2. Perlu dilakukan penelitian mengenai pemisahan logam Au(0) dari permukaan Mag-AS sehingga adsorben dapat digunakan kembali.

3. Perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh adanya logam lain terhadap proses adsorpsi.
4. Perlu dilakukan pelapisan magnetit menggunakan senyawa-senyawa organik yang lain khususnya yang mempunyai gugus hidroksi
5. Perlu dilakukan penelitian mengenai aplikasi adsorben yang digunakan dalam penelitian ini pada limbah elektronik.



DAFTAR PUSTAKA

- Adamson, A. W., 1990, *Physical Chemistry of Surface, fourth edition*, New York: John Wiley and Sons.
- Alorro, R. D., H. Naoki, Hiroyosho, K. Hajime, I. Mayumi, and T. Masami, 2010, On The Use of Magnetite for Gold Recovery from Chloride Solution, *Geo-Enviromental Engineering*, DOI: 10.1080/ 08827508. 2010. 483359.
- Atkins, P. W., 1999, *Kimia Fisika Jilid 1 Edisi keempat*, Terjemahan Irma I Kartohadiprojo, Jakarta: Erlangga.
- Bassler, 1986, *Penyidikan Spektrometrik Senyawa Organik Edisi Keempat*, Jakarta : Erlangga.
- Cotton, F.A., and G. Wilkinson, 1999, *Advanced Inorganic Chemistry*, New York : Wiley Interscience.
- Day, R.A. dan A.L. Underwood, 2001, *Analisis Kimia Kuantitatif*, Jakarta: Erlangga.
- Deschenes, G., and E. Ghali, 1998, Leaching of Gold from a Chalcopyrite Concentrate by Thiourea, *Hydrometallurgy*, 20, 179-202.
- El-Kharrag, R., A. Amin, and Y.E. Greish, 2011, Low Temperature Synthesis of Monolithic Mesoporous Magnetite Nanoparticles, *Ceram. Int.* Doi: 10.1016/j.Ceramint. 2011.07.052.
- Ertan, E., and M. Gulfen, 2009, Separation of Gold(III) from Copper (II) an Zinc(II) Ions Using Thiourea-Formaldehyde or Urea-Formaldehyde Chelating Resins, *J. Apply. Polym. Sci.* III, 2798-2805 .
- Faiyas, A.P.A., E.M. Vinod, J. Joseph, R. Ganesan, and R.K. Pandev, 2010, Dependence of pH and surfactant effect in the synthesis of magnetite (Fe₃O₄) nanoparticles and its properties, *J. Magn. Mater.* 322. 400-404
- Gandjar, Ibnu Ghalib dan Abdul Rahman, 2010, *Kimia Farmasi Analisis*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Garrdea-Torresday, J.L., K.J. Tieman, J.G. Parson, G. Gamez, L. Herrera, and Jose-Yacaman, M., 2002, XAZ Investigation Into The Mechanism of Au(III) Binding and Reduction by Alfalfa Biomass, *J. Microchem.* 71. 193-204.

- Gramatyka, P., R. Nowosielki, and P. Sakiewicz, 2007, Recycling of Waste Electrical and Electronic Equipment, *Journal of Achievements of Materials and Manufacturing Engineering*, Vol 20, 535-538.
- Griffiths, P.R., and J.A. de Haseth, 1986 *Fourier Transform Infrared Spectroscopy, Chemical Analysis*, 83, New York: John Wiley & Sons.
- Gupta, A.K. and M. Gupta, 2005, Synthesis and surface engineering of iron oxide nanoparticles for biomedical applications, *J. Biomater.* 26 3995-4021.
- Hamamoto, K., H. Kawakita, K. Ohto, and K. Inoue, 2009, Polymerization of Phenol Derivatives by Reduction of Gold Ions to Gold Metal, *React. Funct. Polym.*, 69, 694-697 .
- Jain, T.K., M.A. Morales, S.K. Sahoo, D.L. Leslie, and V. Labhasetwar, 2005, Iron oxide nanoparticles for sustained delivery of anticancer agents, *Mol. Pharm.* 2. 194-205.
- Johannes, H, 1994. *Kimia Koloid dan Kimia Permukaan*. Yogyakarta: UGM Press.
- Jolivet, J.P., E. Tronc, C. Chaneac, 2002, Synthesis of iron oxide-based magnetic nanomaterials and composite, *J. C. R. Chimie*, 5. 659-664.
- Khopkar, S. M. 2007. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: UI-Press.
- Kim, D.K., M. Kikhaylova, Y. Zhang, and M. Muhammed, 2003, Protective Coating of Superparamagnetic Iron Oxide Nanoparticles, *Chem Mater*, 15, 1617-1627.
- Lynam, M.M., J.E. Kliduff, and Jr, W.J. Weber, 1995, Adsorption of p-Nitrophenol from Dilute Aqueous Solution, *J. Chem. Educ*, 72:80-84.
- Maity, D., and D.C. Agrawal, 2007, Synthesis of Iron Oxide Nanoparticles Under Oxidizing Environment and Their Stabilization in Aqueous and Nonaqueous Media, *J. Magn. Magn. Matter.*, 308, 46-55.
- Masel, R.I. 1996. *Principles of Adsorption and Reaction on Solid Surface*. New York: John Wiley and Sons.
- Nakajima A., K. Ohe, Y. Baba, dan T. Kijima, 2003, *Mechanism of Gold Adsorption by Persimmon Tannin Gel*, *Anal. Sci.*, 19, 1075-1077
- Navratil, J.D., *Adsorption and Nanoscale Magnetic Separation of Heavy Metals from Water*, www.epa.gov/ttnrmrl/Arsenic_Press/485.pdf, 29 september 2004

- Ogata, Takeshi dan Yoshio Nakano. 2005. *Mechanisms of Gold Recovery from Aqueous Solutions Using a Novel Tannin Gel Adsorbent Synthesized from Natural Condensed Tannin*. Water Research.
- Oscik, J. 1982. *Adsorption*. Chinchester: John Wiley & Sons Inc.
- Pakhre, V., and C. Srivastava, 2012 Adsorption of Benzoic Acid and Salicylic Acid onto Granular activated Carbon, *International Conference on chemical, Civil Environment Engineering (ICCEE'2012)*, Dubai
- Paclawaski, K. and K. Fitzner, 2004, Kinetics of Gold (III) Complex Reduction Using Sulfur (IV), *Metallurgical and Materials Transactions B*, 35B, 1071.
- Parajuli, D., C.R. Adhikari, H. Kawakita, K. Kajiyama, K. Ohto, and K. Inoue, 2008, Reduction and Accumulation of Au(III) by Grape Waste: A Kinetic Approach, *React. Funct. Polym*, 68, 1194-1199.
- Roberge, P.R., 2000, *Handbook of Corrosion Engineering*, New York: McGraw-Hill.
- Santosa S.J., S.S. Sudiono, Siswanta, D. Kunarti, E.S., Dewi, S.R., 2011, Mechanism of AuCl₄⁻ Removal from Aqueous Solution by Means of Peat Soil Humic, *Paper in Press: Ads. Science and Technology* 29 (8).
- Sastrohamidjojo, H., 2007, *Spektroskopi*, Yogyakarta: Liberty.
- Shishehbore, M. Reza., Abbas Afkhami, dan Hasan Bagheri, 2007, 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* 2011, 5:41, doi: 10.1186/1752-153x-5-41.
- Stum, W., and J. J. Morgan, 1996, *Aquatic Chemistry: Chemical Equilibria in Natural Water*, 3rd ed., John Wiley and Sons, Inc, New York
- Sulistyo, T., 2010, *Aplikasi Polifenol dari Elektrolisis Asap Cair Tempurung Kelapa untuk Adsorpsi [AuCl₄]⁻*, Skripsi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Sugimoto, T., and E. Matijevic., 1980, Formation of Uniform Spherical Magnetite Particles by Crystallization from Ferrous Hydroxide Gels., *J. Coll. Inter. Sci.*, 74, 227-243.
- Sukardjo. 2002. *Kimia Fisika*. Jakarta: Rineka Cipta.

- Sun, T.M., and W.T. Yen, 1993. Kinetics of Gold Chloride Adsorption onto Activated Carbon, *Minerals Eng.*, 6, 1, 17-29.
- Tan, K.H. 1991. *Dasar-Dasar Kimia Tanah*. Yogyakarta: UGM-Press.
- Teja, Aryn S. and Koh Pei Yoong, 2008, Synthesis, properties, and applications of magnetic iron oxide nanoparticles, *Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials*, xx: 1-24.
- Thomas, W. J. dan Crittenden, B. D., 1998, *Adsorption Technology and Design*, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Tsai, Z.T., J.F. Wang, H.Y. Kuo, C.R. Shen, J.J. Wang, T.C. Yen, 2010, In situ preparation of high relaxivity iron oxide nanoparticles by coating with chitosan: a potential MRI contrast agent useful for cell tracking, *J. Magn. Magn. Mater.*, 322. 208-213.
- Unal, B., Z. Durmus, H. Kavas, A. Baykal, and M.S. Toprak, 2010, Synthesis, Conductivity, and Dielectric Characterization of Salicylic Acid-Fe₃O₄ Nanocomposite, *Material Chemistry and Physics*.
- Vaclavikova, M., S. Jogabsky, and S. Hredzak, 2003, Magnetic Nanoscale particle for removal of Heavy Metal Ion, <http://drexel.edu/coe/research/conferences/NATOASI2003/manuscripts/5.2.vaclavikova.pdf>.
- Van Vlack, L.H. 1995. *Ilmu dan Teknologi Bahan* (Diterjemahkan oleh Djaprie, S. Edisi 5. Jakarta: UI Press).
- Vogel, A.L. 1979. *Textbook Macro and Semimicro Qualitative Inorganic Analysis 5th ed.* Jakarta: UI-Press.
- Yamaura, M., R.L. Camilo., and M.C.F.C., Felinto, 2002. Synthesis and Performance of Organic-Coated Magnetite Particles. *Journal of Alloys and Compounds*.

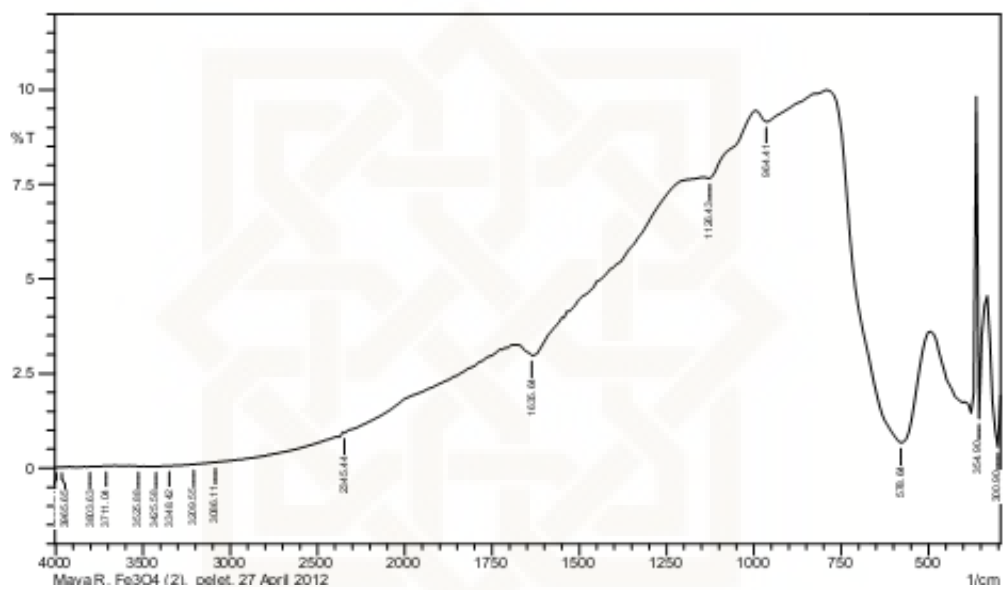
Lampiran 1

Spektra Magnetit standar

SHIMADZU



Lab. Kimia Organik FMIPA - UGM



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	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	2353.16	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	3927.07	162.1869	1.9208
16	3996.51	0.0221	0.0039	4004.22	3981.08	83.492	1.0345

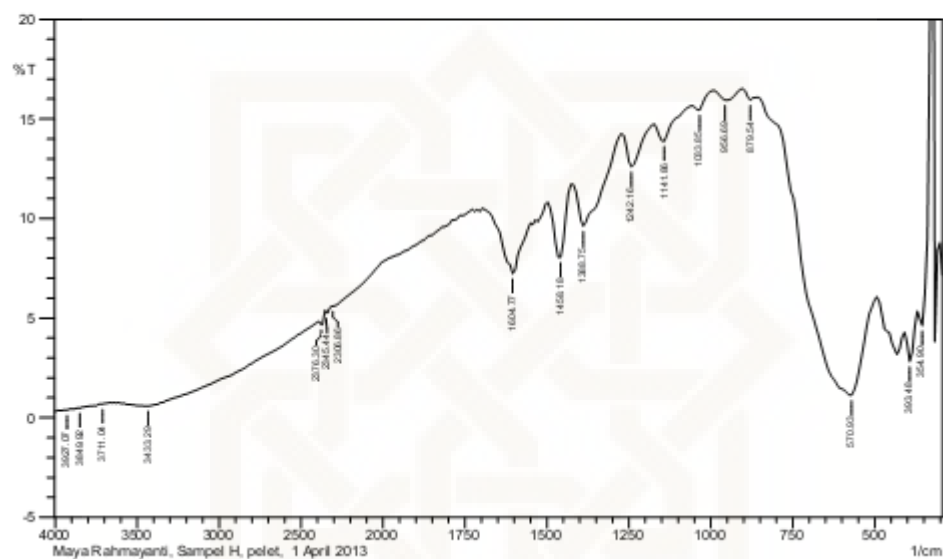
Lampiran 2

Spektra Mag-AS

SHIMADZU



Lab. Kimia Organik FMIPA - UGM



	Peak	Intensity	Corr. intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	354.9	4.625	6.569	370.33	331.76	43.138	7.319
2	393.48	2.821	1.896	408.91	370.33	54.551	4.026
3	570.93	1.118	7.089	856.39	493.78	471.21	106.645
4	879.54	16.068	0.186	902.69	864.11	30.585	0.145
5	956.69	15.938	0.502	987.55	910.4	61.097	0.621
6	1033.85	15.445	0.507	1056.99	995.27	49.277	0.311
7	1141.86	13.875	1.122	1172.72	1064.71	89.679	1.342
8	1242.16	12.603	1.685	1265.3	1180.44	73.562	2.21
9	1388.75	9.612	2.627	1419.61	1273.02	137.898	7.938
10	1458.18	8.045	3.271	1496.76	1427.32	70.715	4.983
11	1604.77	7.229	3.354	1689.64	1504.48	192.465	11.976
12	2306.86	5.598	0.071	2314.58	1766.8	617.053	3.074
13	2345.44	5.254	0.192	2353.16	2314.58	48.843	0.328
14	2376.3	4.669	0.389	2391.73	2353.16	50.458	0.817
15	3433.29	0.598	0.034	3441.01	2399.45	1764.13	0.722
16	3711.04	0.679	0.035	3726.47	3687.9	83.08	0.39
17	3849.92	0.489	0.032	3865.35	3795.91	157.865	1.008
18	3927.07	0.386	0.034	3942.5	3911.64	73.812	0.534

Lampiran 3

Tabel JCPDS untuk magnetit

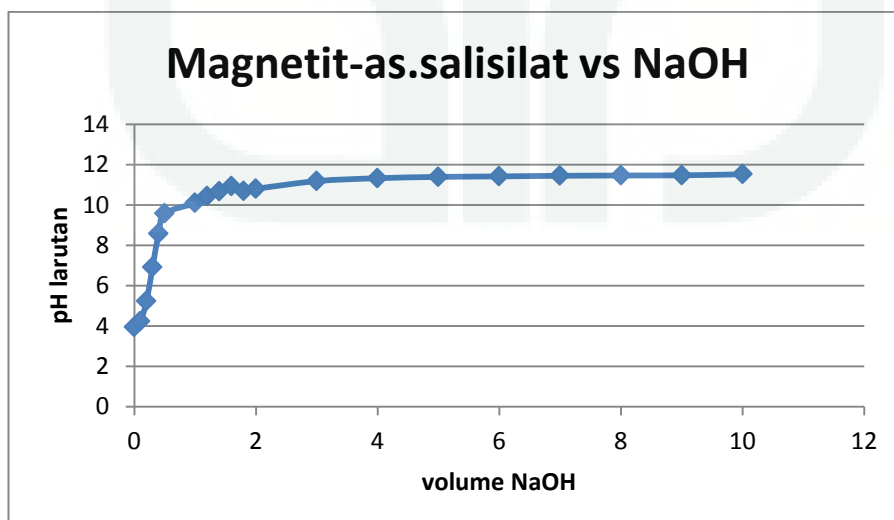
d (Å)	H	k	L
4,8424	1	1	1
2,9653	2	2	0
2,5288	3	1	1
2,4212	2	2	2
2,0968	4	0	0
1,9241	3	3	1
1,7120	4	2	2
1,6141	5	1	1
1,4286	4	4	0
1,3978	4	4	0
1,3261	6	2	2
1,2790	5	3	3
1,2644	6	2	2
1,2106	4	4	4
1,1744	7	1	1
1,1208	6	4	2
1,0919	7	3	1

Lampiran 4

Hasil Titrasi NaOH 0,001 M pada Mag-AS

1. Tabel hasil titrasi NaOH pada Mag-AS

mL NaOH 0,001 M	pH Mag-AS
0	3,948
0,1	4,231
0,2	5,229
0,3	6,919
0,4	8,585
0,5	9,57
1	10,097
1,2	10,434
1,4	10,664
1,6	10,931
1,8	10,682
2	10,8
3	11,181
4	11,326
5	11,389
6	11,416
7	11,444
8	11,461
9	11,468
10	11,521



Lampiran 5

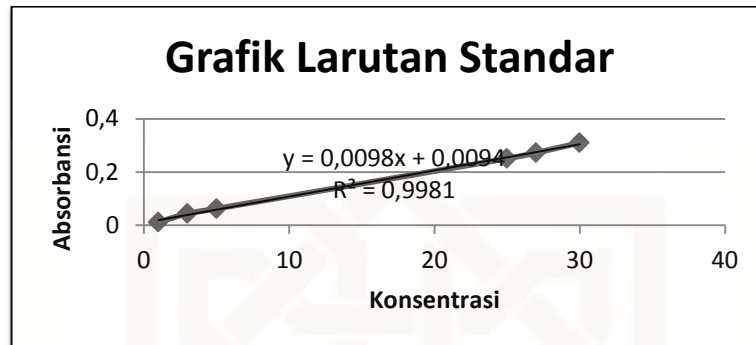
Tabel Hasil Perhitungan Pengaruh Variasi pH Terhadap adsorpsi $[\text{AuCl}_4]^-$ pada Mag-AS

pH	$[\text{AuCl}_4]^-$ awal (mg/L)	$[\text{AuCl}_4]^-$ akhir (mg/L)	$[\text{AuCl}_4]^-$ terserap (mg/L)	% terserap
2	23,3855	0,0003	23,3852	99,998717
3	23,9955	0,0307	23,9648	99,872059
4	23,7055	0,1044	23,6011	99,559596
5	23,4455	0,5587	22,8868	97,617027
6	23,0355	0,2563	22,7792	98,887369
7	23,1155	0,2563	22,8592	98,89122

Lampiran 6

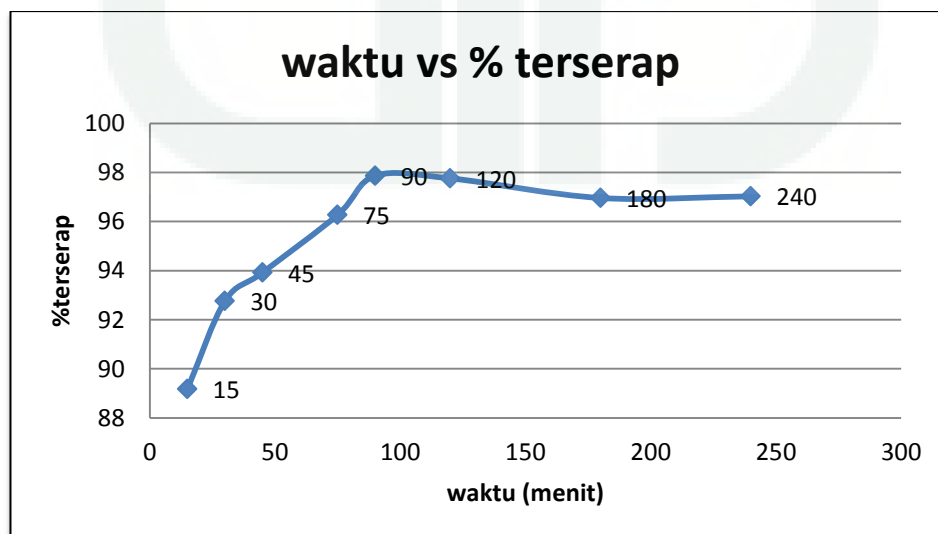
Pengaruh Variasi waktu terhadap adsorpsi $[\text{AuCl}_4]^-$ pada Mag-AS

1. Kurva standar



2. Grafik pengaruh absorbansi

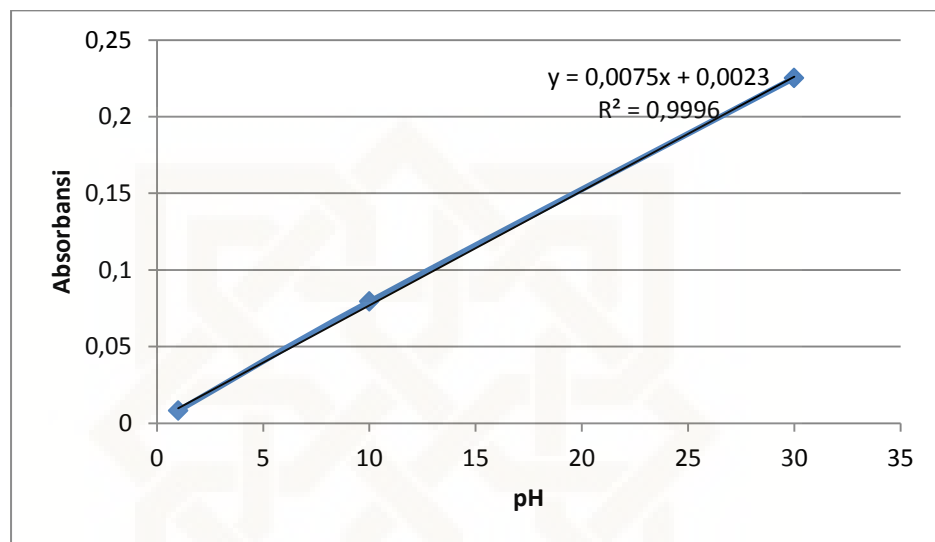
waktu (menit)	% terserap
15	89,18097
30	92,76037
45	93,92272
75	96,27434
90	97,86391
120	97,75999
180	96,95943
240	97,02871



Lampiran 7

Data Isoterm Adsorpsi

1. Grafik standar isoterm adsorpsi

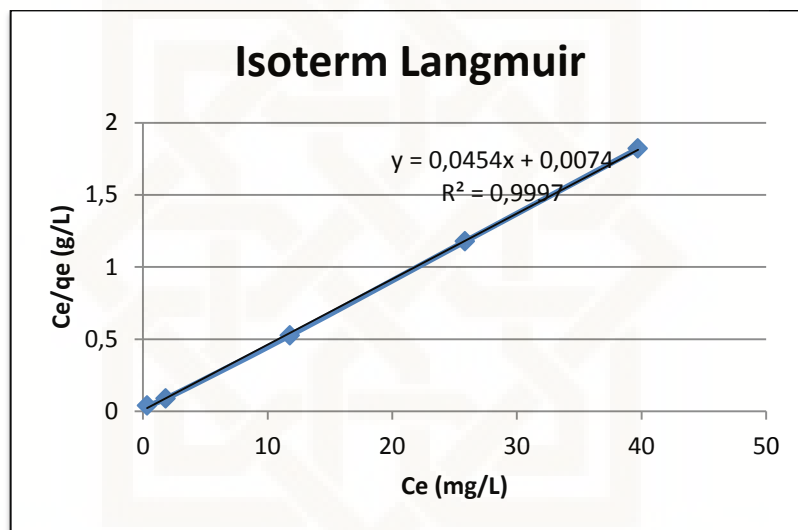


2. Hasil perhitungan isoterm adsorpsi

[Au3+] awal (mg/L)	A awal	A akhir	[Au3+ awal] (mg/L)	[Au3+ akhir] (mg/L) (Ce)	[Au3+ teradsorp] (mg/L)	m Mag- AS (g)	V [AuCl ₄] ⁻ (L)	[Au3+ teradsorp] (mg/g) (qe)
10	0,06563	0,00434	9,09	0,334285714	8,755714286	0,0102	0,01	8,584033613
30	0,1632729	0,01469	23,03898571	1,812857143	21,22612857	0,0102	0,01	20,80992997
60	0,2445217	0,08449	34,64595714	11,78428571	22,86167143	0,0102	0,01	22,41340336
80	0,3396261	0,18295	48,23230286	25,85	22,38230286	0,0102	0,01	21,94343417
100	0,4358743	0,28008	61,98204286	39,72571429	22,25632857	0,0102	0,01	21,81992997

1. Isoterm Langmuir

[Au ³⁺ akhir] (mg/L) (Ce)	Ce/q _e (g/L)
0,334285714	0,03894273
1,812857143	0,08711501
11,78428571	0,52576971
25,85	1,17802895
39,72571429	1,82061633



Grafik C_e (mg/L) terhadap C_e/q_e pada isoterm Langmuir

$$R^2 = 0,999$$

$$r = 0,999$$

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

$$C_e/q_e = 0,007 + 0,045 C_e$$

$$\text{Slope} = 1/q_{\max} = 0,045$$

$$q_{\max} = 1/0,045 = 22,222 \text{ mg/g} = 6,53 \times 10^{-5} \text{ mol/g}$$

$$\text{intersep} = 1/(q_{\max} \times K_L) = 0,007$$

$$K_L = 6,429 \text{ L/mg} = 2185860 \text{ L/mol}$$

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

$$= 8,314 \text{ J/K mol} \times 301 \text{ K} \times \ln (2185860)$$

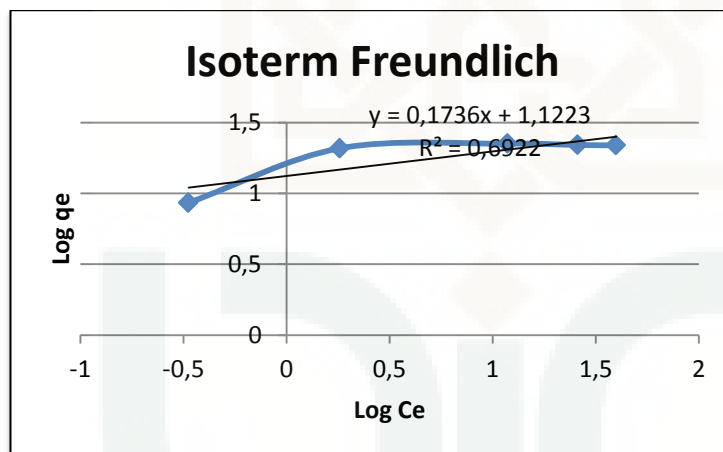
$$= 8,314 \text{ J/K mol} \times 301 \text{ K} \times 14,598$$

$$= 36531,7 \text{ J/mol}$$

$$= 36,5317 \text{ kJ/mol}$$

2. Isoterm Freundlich

Log C_e	Log q_e
-0,47588	0,933691
0,258364	1,318271
1,071303	1,350508
1,412461	1,341305
1,599072	1,338853



Grafik log C_e terhadap log q_e pada isoterm Freundlich

$$\log q_e = \ln K_F + 1/n \log C_e$$

$$\log q_e = 1,122 + 0,173 C_e$$

$$\text{intersep} = \log K_F = 1,122$$

$$K_F = 13,243 \text{ mg/g} = 3,895 \times 10^{-5} \text{ mol/g}$$

$$\text{Slope} = 1/n = 0,173$$

$$n = 5,78$$