

**IMMOBILISASI DITHIZON PADA SILIKA GEL TERAKTIVASI HCl
DAN APLIKASINYA TERHADAP ADSORPSI
ION LOGAM Pb(II) DAN Cu(II)**

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



**SOFIYANAH
09630044**

**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 : Sofiyannah

NIM : 09630044

Judul Skripsi : Immobilisasi Dithizon pada Silika Teraktivasi HCl dan Aplikasinya Terhadap Adsorpsi Ion Logam Pb(II) dan Cu(II)

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 dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 10 Oktober 2014

Pembimbing

Pedy Artsanti, 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 : Sofiyannah
NIM : 09630044
Judul Skripsi : Immobilisasi Dithizon pada Silika Gel Teraktivasi HCl dan Aplikasinya Terhadap Adsorpsi Ion Logam Pb(II) dan Cu(II)

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, 10 Oktober 2014
Konsultan,


Irwan Nugraha, 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 : Sofiyannah
NIM : 09630044
Judul Skripsi : Immobilisasi Dithizon pada Silika Gel Teraktivasi HCl dan Aplikasinya Terhadap Adsorpsi Ion Logam Pb(II) dan Cu(II)

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, 10 Oktober 2014
Konsultan,


Endaruzzi Sedyadi, M.Sc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sofiyannah
NIM : 09630044
Program Studi : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa Skripsi saya yang berjudul:

Immobilisasi Dithizon pada Silika Gel Teraktivasi HCl dan Aplikasinya Terhadap Adsorpsi Ion Logam Pb(II) dan Cu(II)

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, 10 Oktober 2014

Penulis,



Sofiyannah
NIM. 09630044



PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nomor : UIN.02/D.ST/PP.01.1/3011/2014

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Immobilisasi Dithizon pada Silika Gel Teraktivasi HCl dan Aplikasinya Terhadap Adsorpsi Ion Logam Pb(II) dan Cu(II)

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :
Nama : Sofiyannah
NIM : 9630044
Telah dimunaqasyahkan pada : 16-Sep-14
Nilai Munaqasyah : A/B
Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

TIM MUNAQASYAH :

Ketua Sidang

Pedy Artsanti, M.Sc

Penguji I

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

Penguji II

Endarujati Sedyadi, M.Sc

Yogyakarta, 13 Oktober 2014

UIN Sunan Kalijaga

Fakultas Sains dan Teknologi
Dekan



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

MOTTO

Bertemunya persiapan dan kesempatan membuahakan hasil yang kita sebut keberuntungan

(Anthony Robbins).

Kepercayaan akan diri sendiri adalah rahasia utama untuk sukses

(C. Rogen)

Sesulit apapun menjalani hidup, seterjal apapun tuk menggapai sebuah harapan, yakinlah bahwa akan ada cahaya terang untuk menggapai sebongkah harapan yang tertunda, tak ada yang sia-sia dalam hidup ini

(Sofiablack)

Untuk meraih sebuah kesuksesan, karakter seseorang adalah lebih penting daripada intelegensi

(Gilgerte Beaux)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Ucap syukur atas kehadiran Allah SWT atas limpahan Rahmat, Hidayat, serta kemudahan yang telah dilimpahkan-Nya.

Karya kecil ini kupersembahkan
untukmu:

Nyak dan Babeh Tercinta atas kasih sayang, bimbingan, pengorbanan, dan juga atas tetesan keringat, air mata, serta untaian do'a yang selalu kalian lantunkan untuk Ananda tanpa pernah mengenal lelah.

Adik-adikku, keluarga besarku, tak lupa juga buat seseorang yang masih dirahasiakan oleh Tuhan, serta Almamaterku Prodi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.

KATA PENGANTAR

Puji syukur alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayah serta inayah-Nya, penulisan skripsi yang berjudul “*Immobilisasi Dithizon pada Silika Gel Teraktivasi dan Aplikasinya untuk Adsorpsi Ion Logam Pb(II) dan Cu(II)*” dapat diselesaikan dengan baik. Sholawat serta salam juga tidak lupa penulis panjatkan kepada junjungan kita nabi besar Muhammad SAW. Nabi akhir zaman yang menjadi suri tauladan sepanjang hayat.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penulisan skripsi ini banyak mengalami kendala, namun berkat bantuan, bimbingan, kerjasama dari berbagai pihak dan berkah dari Allah SWT sehingga kendala-kendala yang dihadapi tersebut dapat diatasi. Oleh karena itu, penulis mengucapkan rasa terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak 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 Pedy Artsanti, M.Sc., 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.

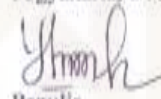
5. Bapak A. Wijayanto, S.Si., Bapak Indra Nafiyanto, S.Si., dan Ibu Isnigustanti, S.Si. selaku PLP Laboratorium Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan dorongan dan pengarahan selama proses penelitian.
6. Ayah dan Ibu tercinta Bapak H.Syamsudin dan Ibu H.Umyati yang senantiasa mendoakan serta memberikan dorongan baik moril maupun materi kepada penulis. adik-adikku (Ridho dan Hijrah), kalianlah sumber inspirasi dan motivasi terbesarku. Terimakasih atas seluruh bantuan doa dan dukungannya
7. Sahabat-sahabat seperjuangan Titik, Nura, Lala, Desi, Ikma, Ferial, Wafi, Nisa, Ula, Hana, Utami, Wahyu, Ze, Shely, Iva, Nunung, Nayla, Siwi, Weni, Wiqo, Eva, Elva, Riska, Andika, Noto, Zaki, Huda, Hanafi, Hendri, Defri, Tarno, Anis, Zidni 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. 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 padapihak-pihak tersebut.

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, 8 Agustus 2014


Penulis



DAFTAR ISI

| | |
|---|-------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGESAHAN | ii |
| HALAMAN PERSETUJUAN | iii |
| HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN | vi |
| HALAMAN MOTTO | vii |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | viii |
| KATA PENGANTAR | ix |
| DAFTAR ISI | xii |
| DAFTAR GAMBAR | xv |
| DAFTAR TABEL | xvii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xviii |
| ABSTRAK | xx |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| A. Latar Belakang Masalah | 1 |
| B. Identifikasi masalah | 4 |
| C. Batasan Masalah | 4 |
| D. Rumusan Masalah | 5 |
| E. Tujuan Penelitian | 5 |
| F. Manfaat penelitian | 6 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI | |
| A. Tinjauan Pustaka | 7 |

| | |
|--|----|
| B. Landasan Teori | 9 |
| 1. Silika Gel | 9 |
| 2. Sifat Permukaan Silika Gel | 10 |
| 3. Dithizon | 12 |
| 4. Tembaga (Cu) | 15 |
| 5. Timbal (Pb)..... | 16 |
| 6. Adsorpsi..... | 19 |
| 7. Analisis Fourier Transform Infrared (FT-IR) | 25 |
| 8. X-Ray Difrraction (XRD)..... | 27 |
| 9. Spektroskopi Serapan Atom..... | 29 |

BAB III METODE PENELITIAN

| | |
|---|----|
| A. Waktu dan Tempat Penelitian | 33 |
| B. Alat dan Bahan | 33 |
| C. Prosedur Penelitian | 34 |
| 1. Pembuatan dan Karakterisasi Adsorben | 34 |
| a. Aktivasi Permukaan Silika Gel | 34 |
| b. Immobilisasi Dithizon pada Silika Aktif | 34 |
| 2. Kajian Awal Adsorpsi Logam Tunggal..... | 35 |
| a. Pengaruh pH larutan pada Adsorpsi Logam Pb(II) | 35 |
| b. Pengaruh Waktu Kontak pada Adsorpsi Logam Pb(II) | 35 |
| c. Pengaruh Konsentrasi pada Adsorpsi Logam Pb(II) | 35 |
| d. Pengaruh pH larutan pada Adsorpsi Logam Cu(II) | 36 |
| e. Pengaruh Waktu Kontak pada Adsorpsi Logam Cu(II) | 36 |

| | |
|--|----|
| f. Pengaruh Konsentrasi pada Adsorpsi Logam Cu(II) | 36 |
| 3. Kajian Adsorpsi Multilogam | 37 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | |
| A. Preparasi dan Karakterisasi Adsorben..... | 38 |
| 1. Aktivasi dan Karakterisasi Permukaan Silika Gel | 38 |
| 2. Immobilisasi dan Karakterisasi Dithizon pada Silika Aktif | 41 |
| 3. Karakterisasi dengan Difraksi Sinar-X..... | 44 |
| B. Kajian Awal Adsorpsi Logam Tunggal..... | 45 |
| 1. Pengaruh pH larutan pada Adsorpsi Logam Pb(II) | 45 |
| 2. Pengaruh Waktu Kontak pada Adsorpsi Logam Pb(II) | 48 |
| 3. Pengaruh Konsentrasi pada Adsorpsi Logam Pb(II) | 50 |
| 4. Pengaruh pH larutan pada Adsorpsi Logam Cu(II) | 55 |
| 5. Pengaruh Waktu Kontak pada Adsorpsi Logam Cu(II) | 57 |
| 6. Pengaruh Konsentrasi pada Adsorpsi Logam Cu(II) | 59 |
| C. Adsorpsi Multilogam..... | 63 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | |
| A. Kesimpulan | 66 |
| B. Saran | 67 |
| DAFTAR PUSTAKA | 68 |
| LAMPIRAN | 73 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Penataan SiO_4 Tetrahedral Silika Gel | 9 |
| Gambar 2.2 Gugus $-\text{OH}$ bebas dan $-\text{OH}$ terikat pada silika gel..... | 11 |
| Gambar 2.3 Struktur Kristal Dithizon..... | 13 |
| Gambar 2.4 Bentuk Tautomerisasi Dithizon..... | 15 |
| Gambar 2.5 Distribusi Spesies Cu(II) dalam Air Laut | 16 |
| Gambar 2.6 Distribusi Spesies Pb(II) sebagai Fungsi pH | 18 |
| Gambar 2.7 Difraksi Sinar-X | 28 |
| Gambar 2.8 Pantulan Sinar-X oleh bidang Atom..... | 29 |
| Gambar 2.9 Spektroskopi Serapan Atom..... | 30 |
| Gambar 4.1 Hasil FTIR: Silika Gel (A); Silika Gel Teraktivasi (B) | 40 |
| Gambar 4.2 Hasil FTIR: Dithizon (A); Silika Gel-Dithizon (B) | 42 |
| Gambar 4.3. Difraktogram silika teraktivasi (A) dan difraktogra Silika terimmobilisasi dithizon (B) | 44 |
| Gambar 4.4 Pengaruh pH adsorpsi ion logam Pb(II) oleh adsorben | 46 |
| Gambar 4.5 pengaruh interaksi waktu kontak adsorpsi ion logam Pb(II) oleh adsorben..... | 48 |
| Gambar 4.6 Pengaruh interaksi konsentrasi awal adsorpsi ion logam Pb(II) oleh adsorben..... | 51 |
| Gambar 4.7 Grafik isoterm Freundlich silika teraktivasi..... | 52 |
| Gambar 4.8 Grafik isoterm Langmuir silika teraktivasi | 51 |
| Gambar 4.9 Grafik isoterm Freundlich silika terimmobilisasi dithizon | 53 |
| Gambar 4.10 Grafik isoterm Langmuir silika terimmobilisasi dithizon..... | 54 |
| Gambar 4.11 Pengaruh pH adsorpsi ion logam Cu(II) oleh adsorben..... | 56 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4.12 pengaruh interaksi waktu kontak adsorpsi ion logam Cu(II) oleh adsorben..... | 58 |
| Gambar 4.13 Pengaruh interaksi konsentrasi awal adsorpsi ion logam Pb(II) oleh adsorben..... | 59 |
| Gambar 4.14 Grafik isotherm Freundlich silika teraktivasi..... | 61 |
| Gambar 4.15 Grafik isotherm Langmuir silika teraktivasi | 61 |
| Gambar 4.16 Grafik isotherm Freundlich silika terimmobilisasi dithizon | 62 |
| Gambar 4.17 Grafik isotherm Langmuir silika terimmobilisasi dithizon..... | 62 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 Bentuk Senyawa Logam Cd, Hg, Pb, dan As dalam Air yang Diaerasi | 17 |
| Tabel 2.2 Pita Absorpsi Spektra Inframerah | 26 |
| Tabel 4.1 Data interpretasi spektra inframerah silika gel dan silika teraktivasi..... | 41 |
| Tabel 4.2 Data interpretasi spektra inframerah silika aktif terimmobilisasi dithizon | 43 |
| Tabel 4.3 Data interpretasi difraksi sinar-X silika aktif terimmobilisasi dithizon | 45 |
| Tabel 4.4 Perhitungan kapasitas adsorpsi ion logam Pb(II)..... | 54 |
| Tabel 4.5 Perhitungan kapasitas adsorpsi ion logam Cu(II) | 62 |
| Tabel 4.6 Jumlah logam teradsorpsi oleh silika terimmobilisasi dithizon pada campuran logam..... | 64 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|----|
| Lampiran 1 Spektra Silika Gel Standar..... | 70 |
| Lampiran 2 Spektra Silika Gel Teraktivasi | 71 |
| Lampiran 3 Spektra Dithizon Standar..... | 72 |
| Lampiran 4 Spektra Silika Terimmobilisasi Dithizon | 73 |
| Lampiran 5 Data Absorbansi Larutan Standar Ion Logam Pb(II) dalam Analisis dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) | 74 |
| Lampiran 6 Tabel dan Grafik Pengaruh pH Adsorpsi Ion Logam Pb(II) oleh Silika Gel Ter ativasi dan Silika Terimmobilisasi Dthizon | 76 |
| Lampiran 7 Tabel dan Grafik Pengaruh Waktu Kontak Adsorpsi Ion Logam Pb(II) oleh Silika Gel Ter ativasi dan Silika Terimmobilisasi Dithizon.... | 76 |
| Lampiran 8 Tabel dan Grafik Isoterm Adsorpsi Ion Logam Pb(II) oleh Silika Gel Ter ativasi dan Silika Terimmobilisasi Dithizon..... | 77 |
| Lampiran 9 Perhitungan Isoterm Adsorpsi Silika Gel Teraktivasi dan Silika Gel Terimmobilisasi Dithizon | 78 |
| Lampiran 10 Data Absorbansi Larutan Standar Ion Logam Cu(II) dalam Analisis dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)..... | 82 |
| Lampiran 11 Tabel dan Grafik Pengaruh pH Adsorpsi Ion Logam Cu(II) oleh Silika Gel Ter ativasi dan Silika Terimmobilisasi Dithizon..... | 84 |
| Lampiran 12 Tabel dan Grafik Pengaruh Waktu Kontak Adsorpsi Ion Logam Cu(II) oleh Silika Gel Ter ativasi dan Silika Terimmobilisasi Dithizon | 84 |

Lampiran 13 Tabel dan Grafik Isoterm Adsorpsi Ion Logam Cu(II) oleh Silika Gel
Ter aktivasi dan Silika Terimmobilisasi Dithizon 85

Lampiran 14 Perhitungan Isoterm Adsorpsi Silika Gel Teraktivasi dan Silika Gel
Terimmobilisasi Dithizon 86



ABSTRAK

IMMOBILISASI DITHIZON PADA SILIKA GEL TERAKTIVASI HCl DAN APLIKASINYA TERHADAP ADSORPSI ION LOGAM Pb(II) DAN Cu(II)

Oleh:

Sofiyannah

NIM 09630044

Pembimbing:

Pedy Artsanti. M. Sc.

Immobilisasi dithizon pada silika gel teraktivasi HCl dan aplikasinya terhadap adsorpsi ion logam Pb(II) dan Cu(II) telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakter silika gel teraktivasi dan silika terimmobilisasi dithizon, parameter yang mempengaruhi kemampuan optimum adsorpsi, kapasitas adsorpsi logam tunggal dan multikomponen oleh silika aktif serta silika terimmobilisasi dithizon.

Aktivasi silika gel dilakukan dengan menambahkan HCl 5M untuk meningkatkan fungsi gugus silanol pada permukaan silika. Parameter adsorpsi yang dipelajari dalam penelitian ini meliputi pengaruh pH, waktu kontak dan kapasitas adsorpsi dari silika gel teraktivasi dan silika terimmobilisasi dithizon terhadap ion logam Pb(II) dan Cu(II) dalam keadaan tunggal maupun multikomponen. Karakteristik yang dilakukan pada penelitian ini meliputi analisis dengan menggunakan spektrofotometri Inframerah (FTIR), Difraksi Sinar-X (XRD), dan AAS. Kapasitas adsorpsi silika teraktivasi dan silika terimmobilisasi dithizon ditentukan dengan menggunakan model isoterm Langmuir dan model isoterm Freundlich.

Berdasarkan penelitian hasil karakterisasi dengan FTIR menunjukkan bahwa silika gel yang telah teraktivasi HCl ditunjukkan adanya perubahan pergeseran bilangan gelombang $3433,29\text{ cm}^{-1}$ ke bilangan gelombang yang lebih besar $3448,72\text{ cm}^{-1}$. Hasil karakterisasi silika terimmobilisasi dithizon menunjukkan gugus -NH, -SH, dan C=N. Karakterisasi dengan XRD dithizon dapat dilihat dengan adanya pergeseran 2θ atau bergeser ke kiri. Kondisi optimum adsorpsi ion logam Pb(II) oleh silika teraktivasi dan silika terimmobilisasi dithizon pada pH 5, waktu interaksi selama 1 jam, dan konsentrasi 10 ppm. Adsorpsi optimum ion logam Cu(II) oleh silika gel teraktivasi dan silika terimmobilisasi dithizon yaitu pada pH 5 selama 1 jam pada konsentrasi 8 ppm. Adsorpsi logam multikomponen ion logam Pb(II) lebih kompetitif dan kemampuan adsorpsinya lebih banyak dari ion logam Cu(II) yaitu sebanyak 2,639 mg/L.

Kata kunci: imobilisasi, dithizon, silika gel, adsorpsi, ion logam Pb (II), dan ion logam Cu(II).

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan industri di era globalisasi berkembang sangat pesat, baik di negara maju maupun berkembang. Hal ini ditandai dengan semakin meningkatnya industri-industri yang memproduksi kebutuhan manusia serta eksploitasi oleh industri pertambangan. Perkembangan dibidang industri secara tidak langsung memberikan dampak positif maupun negatif. Dampak positif dari berkembangnya industri ini antara lain adalah dapat meningkatkan kualitas hidup, berkembangnya teknologi, dan berkembangnya perdagangan. Dampak negatif yang ditimbulkan dari kegiatan industri adalah hasil samping yang diproduksi sebagai limbah, yang merupakan masalah utama dalam pengendalian dampak pencemaran lingkungan.

Limbah industri memberikan kontribusi lebih besar terhadap pencemaran lingkungan, baik limbah cair, gas, maupun padat. Industri yang mengeluarkan limbah cair tanpa disertai pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan dapat mencemari tanah dan air. Industri dengan bahan bakar fosil akan mengeluarkan sisa pembakaran yang berupa gas, jika konsentrasinya melebihi ambang batas akan mencemari udara. Industri dengan hasil samping berupa padatan, bila dibuang langsung ke lingkungan tanpa diolah terlebih dahulu dapat mencemari tanah maupun lingkungan perairan. Pencemaran air, tanah, dan udara berhubungan sangat

erat. Pada saat udara yang tercemar jatuh ke bumi bersama air hujan, maka air tersebut sudah tercemar (Darmono, 2001).

Hasil samping dari proses industri banyak memproduksi limbah yang mengandung logam, dan biasanya logam yang dihasilkan berupa logam berat. Di dalam perairan logam dapat ditemukan secara alami dengan konsentrasi tertentu. Efek logam berat dapat berpengaruh langsung walaupun pada konsentrasi yang sangat rendah. Apabila kandungan logam mulai melebihi ambang batas yang telah ditentukan akibat dari limbah industri yang mengandung logam, maka akan menimbulkan bahaya bagi kesehatan manusia, hewan, maupun tumbuhan air. Logam-logam tersebut jika berada dalam konsentrasi tinggi di badan perairan akan dikonsumsi oleh hewan air dan terakumulasi dalam tubuh. Logam berat yang sering ditemukan dalam limbah industri diantaranya Pb(II), Cu(II), Fe(II), dan Cr(III). Unsur timbal (Pb) secara alamiah merupakan unsur-unsur yang jumlahnya kecil (unsur *trace*), namun demikian karena adanya buangan dari kegiatan industri berupa limbah yang biasanya mengandung logam ke lingkungan dalam jumlah besar maka dapat mengakibatkan pencemaran (Inglezakis, dkk., 2007).

Logam berat seperti timbal merupakan salah satu pencemar yang dipermasalahkan karena bersifat toksik dan tergolong sebagai bahan buangan yang beracun dan berbahaya. Logam timbal (Pb) banyak digunakan pada industri baterai, pengecoran dan pemurnian, industri bahan bakar, dan industri kimia lainnya (Sudarmadji, dkk., 2006). Logam lain

yang merupakan contoh kontaminan yang berpotensi merusak sistem fisiologi manusia dan sistem biologis lainnya jika melewati ambang batas yaitu logam tembaga. Sumber utama yang masuk ke lingkungan berasal dari industri pelapisan logam (*plating*), pencampuran logam (*alloy*), baja, kabel listrik, insektisida, dan cat (Notodarmojo, 2005).

Melihat permasalahan yang ditimbulkan oleh logam berat yang berasal dari limbah industri, maka perlu dilakukannya upaya untuk menanggulangi atau meminimalkan kadar ion logam yang terlarut dalam industri sebelum di buang ke lingkungan. Usaha-usaha pengendalian limbah ion logam belakangan ini semakin berkembang, yang mengarah pada upaya-upaya pencarian metode-metode baru yang murah, efektif, efisien (Kundari dan Slamet, 2008) Salah satunya yaitu Adsorpsi. Adsorpsi ini biasanya terjadi pada permukaan padatan yang kaya akan gugus fungsional seperti : -OH, -NH, -SH dan -COOH (Stumm dan Morgan, 1996). Adsorben yang sering digunakan untuk menurunkan konsentrasi logam berat adalah zeolit alam, bentonit, arang aktif, dan silika gel (Nurhasni, dkk., 2002).

Silika gel salah satu bahan kimia berbentuk padatan yang merupakan bahan polimer anorganik yang telah banyak digunakan salah satunya sebagai adsorben Hal ini disebabkan oleh adanya gugus aktif silanol (-Si-OH) dan siloksan (-Si-O-Si). Namun bahan ini belum efektif untuk adsorpsi ion logam, karena atom O yang merupakan situs aktif pada silika gel berukuran kecil dan memiliki polarisabilitas rendah, sehingga interaksi pada logam berat yang memiliki polariabilitas tinggi relatif kurang kuat. Hal

ini yang menyebabkan kapasitas adsorpsi pada silika menjadi rendah. Oleh karena itu, perlu adanya modifikasi pada permukaan silika gel dengan senyawa organik yang mempunyai selektivitas terhadap logam tertentu diantaranya dithizon, biomassa, DMT (2,5-dimerkapto-1,3,4-diadiazol), maupun asam humat. Senyawa organik tersebut biasanya memiliki atom donor seperti S, N, O, P yang biasanya disebut ligan (Krismastuti, 2008).

Senyawa organik seperti difeniltiokarbazon (dithizon) mempunyai gugus aktif $-SH$ dan $-NH$ telah diketahui mampu mengadsorpsi $Cu(II)$ dalam medium air dengan mengimpregnasikan pada padatan pendukung silika gel, karbon aktif dan menggunakan 2,5-dimerkapto-3,4-triadiazol 2 merkaptobenzimidazol (Terrada dkk., 1983). Dilaporkan bahwa adsorpsi logam tersebut hanya efektif pada pH tertentu untuk tiap jenis ligan. Berdasarkan pada hal tersebut, maka perlu dilakukan kajian tentang immobilisasi dithizon pada silika gel, guna meningkatkan kapasitas dan selektivitas adsorpsi pada ion logam $Pb(II)$ dan $Cu(II)$.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah disebutkan di atas, maka masalah yang dapat diidentifikasi adalah:

1. Diperlukan alternatif penanganan limbah logam berat melalui penggunaan suatu material yang dapat mengurangi pencemaran, menggunakan bahan yang lebih efisien.
2. Kondisi optimum dalam proses penanganan limbah logam berat perlu dipelajari seperti konsentrasi larutan, pH larutan dan waktu reaksi.

C. Batasan Masalah

Agar penelitian ini tidak menimbulkan kerancuan dan tidak meluas dalam pembahasannya, maka diambil batasan masalah sebagai berikut :

1. Senyawa organik yang digunakan untuk immobilisasi adalah dithizon.
2. Aktivasi adsorben menggunakan larutan HCl sebagai aktivator.
3. Optimasi kondisi pada proses adsorpsi ion logam Pb(II) dan Cu(II) dengan adsorben silika gel teraktivasi dan terimmobilisasi dilakukan dengan variasi pH, waktu kontak, dan konsentrasi.
4. Isoterm yang digunakan adalah Isoterm Langmuir dan Freundlich.
5. Karakterisasi immobilisasi dithizon pada silika gel teraktivasi menggunakan spektrofotometer inframerah (IR) dan XRD.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik silika gel teraktivasi dan silika gel terimmobilisasi dithizon?
2. Bagaimana pengaruh variasi pH, waktu kontak, dan konsentrasi logam Pb(II) dan Cu(II) terhadap proses adsorpsi oleh silika teraktivasi dan silika terimmobilisasi dithizon?
3. Bagaimana kapasitas adsorpsi silika gel teraktivasi dan silika gel terimmobilisasi dithizon pada adsorpsi logam tunggal dan adsorpsi logam multikomponen ?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan di atas, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui karakterisasi silika gel teraktivasi dan silika gel terimmobilisasi dithizon.
2. Mengetahui kondisi optimum pH, waktu kontak, dan konsentrasi pada proses adsorpsi Pb(II) dan Cu(II) oleh silika teraktivasi dan silika terimmobilisasi dithizon.
3. Mengetahui kapasitas adsorpsi logam tunggal dan adsorpsi multikomponen oleh silika aktif dan silika terimmobilisasi dithizon.

F. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat diantaranya:

1. Memberikan informasi mengenai kemampuan adsorpsi silika gel terimmobilisasi dithizon dalam mengadsorpsi ion logam Pb(II) dan Cu(II).
2. Menambah alternatif baru dalam metode pengolahan limbah logam berat yang lebih selektif.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

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

Karakteristik silika gel teraktivasi dan silika terimmobilisasi dithizon secara langsung diketahui dengan menggunakan FTIR dan XRD. Berdasarkan data FTIR silika teraktivasi HCl adanya perubahan pergeseran bilangan gelombang $3433,29 \text{ cm}^{-1}$ ke bilangan gelombang yang lebih besar $3448,72 \text{ cm}^{-1}$. Selain itu juga terjadinya penurunan transmitansi. Silika terimmobilisasi dithizon berhasil disintesis dengan ditunjukkannya gugus -NH , -SH , dan C=N . XRD menunjukkan bahwa dithizon berhasil terimmobilisasi pada silika gel teraktivasi dengan adanya pergeseran 2θ ke kiri yakni $21,6800$, menjadi $20,9200$ dan munculnya puncak-puncak difraksi yang merepresentasikan senyawa silika gel-dithizon.

Kondisi optimum adsorpsi ion logam Pb(II) oleh silika gel teraktivasi HCl dan silika terimmobilisasi dithizon terjadi pada pH 5 selama 1 jam pada konsentrasi 10 ppm. Adsorpsi optimum ion logam Cu(II) oleh silika gel teraktivasi dan silika terimmobilisasi dithizon yaitu pada pH 5 selama 1 jam pada konsentrasi 8 ppm.

Kapasitas adsorpsi silika gel terimmobilisasi dithizon pada adsorpsi ion logam Pb(II) dan Cu(II) memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih banyak dibanding silika teraktivasi. Untuk adsorpsi logam multikomponen ion logam Pb(II) lebih kopentitif dan kemampuan adsorpsinya lebih banyak dari ion logam Cu(II) yaitu sebanyak $2,639 \text{ mg/L}$.

B. Saran

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

1. Perlu dipelajari kinetika adsorpsi.
2. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai adsorpsi multikomponen dengan jenis logam yang lebih banyak.
3. Perlu dilakukannya analisis lebih lanjut dengan menggunakan variasi massa adsorben.
4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk proses desorpsi agar adsorben bisa digunakan kembali.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamson, A. W. 1990. *Physical Chemistry of Surface, fourth edition*. New York: John Wiley and Sons.
- Amaria, 1998, Evaluasi Kemampuan Adsorpsi Biomassa *Chaetoceres calsitrans* yang Terimmobilisasi pada Siika Gel terhadap Ion Tembaga (II) dan Cadmium (II) Dalam Medium Air. Tesis S2. FMIPA Universitas Gajah Mada Yogyakarta.
- Basset, J., Denney, R.C., Jeffrey, G.H., dan Mendhom, J., 1994, *Buku Ajar Vogel Kimia Analisa Kuantitatif Anorganik*, EGC, Jakarta.
- Burgess, John (1978). *Metal ions in solution*. New York: Ellis Horwood. hlm. 147.
- Chalmers, R. A., Khopka, S. M., dan De, A. K., 1970, *Solvent Extraction of Metals*, First Education, Van Nostrand Reinhold, London
- 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
- Creswell, Clifford J., Olaf AR., dan Malcolm MC, 2005, *Analisis Spektrum Senyawa Organik*, Bandung: ITB
- Dann, S. E. 2000, *Reaction and Characterization of Solids*, RSC, CambridgeArya
- Danarto, Y. C., *Model Kesetimbangan Adsorpsi Cr dengan Rumput Laut, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, UNS*
- Day, RA dan AL Underwood, 2002, *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. Jakarta: Erlangga
- Darmono, 2001, *Lingkungan Hidup dan Pencemaran Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*, Jakarta: UI- Press
- Dole, F.M and Liu, Z., 2002, The Effect of Triethylenetetramine (Trien) on The Ion Flotation of Cu^{2+} and Ni^{2+} , *J. Coll. Interface Sci.*, 258, 396-403.
- Ernawan, Beni, 2009, Adsorpsi Ion Cd(II) bersama-sama Ion Logam Mg(II) dan Cu(II). Skripsi, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Filho, N. L.d., Gushikem, Y., dan Polito, W. L., 1995, 2 Mercaptobenzotiazole Clays as Matrix for Sorption and Preconcentration of some Heavy Metals from Aquoas Solution, *Anal Chem. Acta*, 306, 167- 172
- Gandjar, Ibnu Ghalib dan Abdul Rahman. 2010. *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar
- Gregg, S.J. and Sing, K.S.W., 1967. *Adsorpsi, Surface and Porosity*, 2 ed, Academic Press, London

- Handayani, Dewi Rahayu, 2007, Immobilisasi Dithizon pada Silika Gel dan Studi Adsorpsi Terhadap Cr(III). Skripsi. FMIPA Universitas Gajah Mada Yogyakarta.
- Hanhock, I. C., 1996, *Bioremediation of Heavy Metal Pollution- Possibilities and Practicalities: The Current Position*, Symposium and Workshop on Heavy Metal Bioaccumulation, IUC, Biotechnology, Gajah Mada University, Yogyakarta
- Imami, W.N., 2008, “*Sintesis Silika Gel dari Kaca dengan Menggunakan NaOH dan HCl*”, Skripsi, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Inglezakis VJ, Stylianou MA, Gkantzou D, Loizidou MD. 2007. Removal of Pb(II) from aqueous solutions by using clinoptilolite and bentonite as adsorbents. *Desalination* 210 : 248–256.
- Ishizaki, K., 1998, *Porous Materials Process Technology and Application*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Jansen, K., 1992, *Zeolite Crystal Growth and The Structure on an Atomic Scale*, Disertasi, Deen Haag
- Jasmidi, E. Sugiharto, & Mudjiran. 2002. Pengaruh Lama dan Kondisi Penyimpanan Biomassa terhadap Biosorpsi Timbal (II) dan Seng (II) oleh Biomassa *Saccharomyces cerevisiae*. *Indonesian Journal of Chemistry* : 11-15.
- Jumadi, 2006, Karakteristik Adsorpsi Cr (III) dengan Adsorben Kitin dan Humat Kitin Dalam Sistem Fluidizedbed, *Tesis*, Jurusan Kimia FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Jundu, Ricardus, S. Si., 2012, *Termodinamika Adsorpsi Simultan Mg(II) dan Ca(II) yang Dipengaruhi Logam Berat pada Silika Gel Termodifikasi Dithizon*. Seminar 07 Desember 2012.
- Kaim, W., and Schwederski, B., 1994, *Bioinorganic Chem: Inorganic Elements in the Chemistry of Life in Introduction and Guide*, John Willey and Sons, Chichester.
- Kalapathy, U., and Proctor, A., 2000, A Simple Method For Production of Pure Silica From Rush Hull Ash, *Bioresource Technology*, 73, 252-257.
- Khopkar, S. M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: UI-Press.
- Komari, Noer., Sujatmiko, 2012, *Kajian Biosorpsi Biomass Bekatul Terhadap Timbal(II)*, Studi Kimia FMIPA Universitas Lambung Mangkurat, Kalimantan Selatan, Vol.6, No. 1, 11-24
- Kondo, S., 1996, *Adsorption on New and Modified Inorganic Sorbent*, Elsevier Netherlands
- Krismastuti, F.S.H., Budiman, H., Setiawan, A.H., 2008, Adsorpsi Ion Logam Cadmiu dengan Silika Modifikasi. LIPI, Serpong, Tangerang.

- Kundari, Noor Anis, Slamet W, (2008), "Tinjauan kesetimbangan adsorpsi tembaga dalam limbah pencuci PCB dengan zeolit", Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir, Yogyakarta
- Lynam, M.M., Kliduff, J.E., dan Weber Jr, W.J. 1995. *Adsorption of p-Nitrophenol from Dilute Aqueous Solution*, J. Chem. Educ, 72:80-84
- Mahan, C. A., dan Helcombe, J. A., 1992, Immobilization of Algae on Silica Gel and Their Characterization for Trace Metal Preconcentration, *Anal. Chem.*, 64: 1933- 1939
- Marczenko, Z., 1986, *Separation and Spectrophotometric Determination of Elements*, John Willey and Sons, Chichester, 88- 94
- Masel, R.I. 1996. *Principles of Adsorption and Reaction on Solid Surface*. New York: John Wiley and Sons
- Morisson, G.H., and Freiser, H., 1996, *Solvent Extraction in Analytical Chemistry*, John Willey & Sons, Inc., New York.
- Nezio MSD, Palomeque M, Band BSF. 2005. Automated flow-injection method for cadmium determination with preconcentration and reagent preparation online. *Quim. Nova.* 1:145-148.
- Notodarmojo S. 2005. Pencemaran Tanah dan Air Tanah. Bandung: ITB.
- Nicolet, Thermo, 2001, *Introduction to Fourier Transform Infrared Spectrometry*, Thermo Nicolet Co.
- Nurhasni, 2002, *Penggunaan Genjer (Limnocharis flava) untuk Menyerap Ion Kadmium, Kromium, dan Tembaga Dalam Air Limbah*, Tesis, Padang: Universitas Andalas.
- Osick, J. 1982. *Adsorption*. John Wileys and Son, New York.
- Palar, Heryando. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Powell, K. J. Paul L. Brown, Robert H. Byrne, Tamas Gajda, Glenn Hefter, Staffan Sjöberg, and Hans Wanner., 2007, Chemical Speciation of Environmental Significant Metals with Inorganic Ligands, Analytical Chemistry Division, IUPAC, *Chem* Vol. 79, No. 5, pp. 895–950.
- Prodinger, W., 1940, *Organic Reagents Used in Quantitative Analysis*, Elsevier Publishing Company Inc., New York
- Purwaningsih, Dyah, 2009, Adsorpsi Multilogam Ag(I), Pb(II), Cr(III), Cu(II), dan Ni(II) pada Hibrida Etilendiamino-Silika dari Abu Sekam Padi. *Jurnal Penelitian Saintek*, Vol. 14, No. 1, 59-76.
- Rahmawati, Esty dan Leny Yuanita, 2013, Adsorpsi Pb^{2+} oleh Arang Aktif Sabut Siwalan (*Borassus flabellifer*), *UNESA Journal Chemistry*, Vol. 2, No. 3, 82-87.

- Rajesh N, Arrchana L, Prathiba S. 2003. Removal of trace amounts mercury (II) using aluminium hydroxide as the collector. *Univ Scientarum* 8(2) : 55-59.
- Refilda, M.S., Zein R dan Munaf, E., 2001, *Pemanfaatan Ampas Tebu sebagai Bahan Alternatif Pengganti Penyerapan Sintetik Logam-logam Berat pada Air Limbah*, Padang: FMIPA UNAND.
- Riapanitra A., Tien S., dan Kapti R., 2006, Penentuan Waktu Kontak dan pH Optimum Penyerapan Metilen Biru Menggunakan Abu Sekam Padi, *Jurnal Molekul*, Vol.1(1), pp.41-44.
- Sastrohamidjojo, H., 1992, *Spektroskopi Inframerah*, Liberty, Yogyakarta.
- Sembiring, Z., Buhani, Suharso, dan Sumadi., 2009, The Isothermic Adsorption Of Pb(II), Cu(II) and Cd(II) Ions on Nannochloropsis sp Encapsulated by Silica Aqua-Gel, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Lampung University. *Indo. J. Chem.* 1-5
- Silverstein, R.M.; Bassler, G.C. and Morrill T.C., 1991, *Spectroscopic Identification of Organic Compounds* fifth Edition, John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Skoog, D. A., dan West, D. M., 1994, *Principles of Instrumental Analysis*, Hott Saunders Internasional Edition
- Sriyanti, Narsito dan Nuryono, 2001, *Selektivitas 2-Merkaptobenzotiazol Terimpregnasi pada Zeolit Alam Untuk Adsorpsi Kadmium(II) dalam Campuran Kadmium(II)-Besi(III)*, Proseding Seminar Nasional Kimia IX, Yogyakarta.
- Suardana IN. 2008. Optimalisasi daya adsorpsi zeolit terhadap ion kromium (III). *J Penelitian dan Pengembangan Sains & Humaniora* 2(1) : 17-33.
- Sudarmadji, J. Mukono. dan Corie I.P., 2006, *Toksikologi Logam Berat B3 dan Dampaknya Terhadap Kesehatan*, Kesehatan Lingkungan FKM. Universitas Airlangga
- Sukardjo. 2002. *Kimia Fisika*. Jakarta: Rineka Cipta
- Stum, W., dan Morgan, J. J., 1981, *Aquatic Chemistry*, Third Edition, Jhon Wiley, Inc., New York
- Tan, K.H. 1991. *Dasar-Dasar Kimia Tanah*. Yogyakarta: UGM-Press
- Terrada, K., Matsomoto, K., dan Kimora, H., 1983, Sorption of Copper(II) by Some Complexing Agents Loaded on Various Support, *Anal. Chim. Acta*, 153, 237-247.
- Thompson, R., 1995, *Industrial Inorganic Chemicals: Production and Uses*, *Royal Society Chemistry*.
- Vogel, A.L. 1979. *Textbook Macro and Semimicro Qualitative Inorganic Analysis 5thed.* Jakarta: UI-Press

- Warren, B. E. (1969), X-ray diffraction, Addison-Wesley Pub. Co, Massachusetts.
- 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*
- Yu HM, Song H, Chena ML. 2011. Dithizone immobilized silica gel on-line preconcentration of trace copper with detection by flame atomic absorption spectrometry. *Talanta* 85 : 625–630.



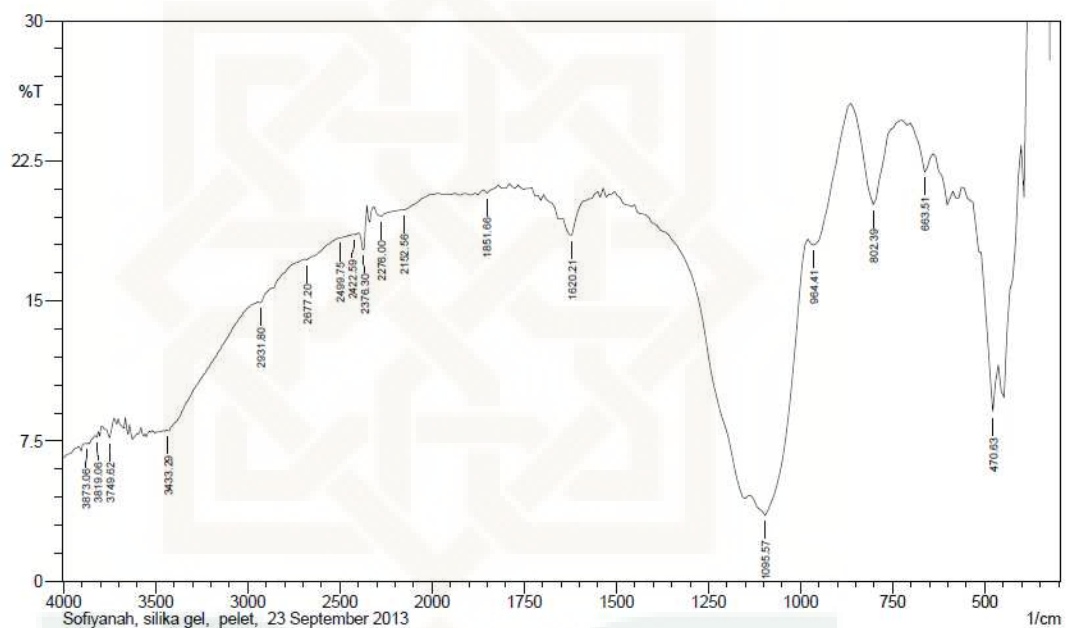
Lampiran 1

Spektra Silika Gel Standar

SHIMADZU



Lab. Kimia Organik FMIPA - UGM

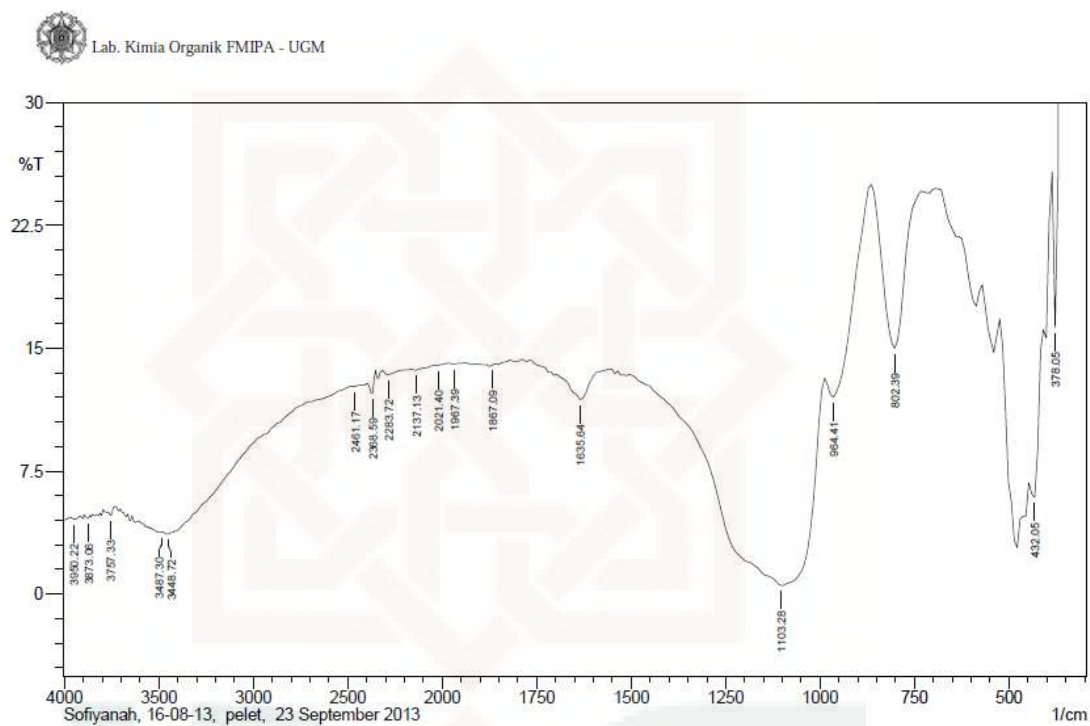


| | Peak | Intensity | Corr. Intensity | Base (H) | Base (L) | Area | Corr. Area |
|----|---------|-----------|-----------------|----------|----------|--------|------------|
| 1 | 470.63 | 8.01 | 12.81 | 686.66 | 385.76 | 233.58 | 35.09 |
| 2 | 663.51 | 21.9 | 1.61 | 702.09 | 640.37 | 39.44 | 0.73 |
| 3 | 802.39 | 20.16 | 4.98 | 864.11 | 732.95 | 83.97 | 5.19 |
| 4 | 964.41 | 17.99 | 1.34 | 979.84 | 871.82 | 73.63 | 2.24 |
| 5 | 1095.57 | 3.51 | 4.61 | 1134.14 | 987.55 | 171.61 | 21.21 |
| 6 | 1620.21 | 18.52 | 1.25 | 1643.35 | 1558.48 | 59.77 | 0.69 |
| 7 | 1851.66 | 20.77 | 0.23 | 1859.38 | 1820.8 | 26.16 | 0.1 |
| 8 | 2152.56 | 19.87 | 0.05 | 2160.27 | 2013.68 | 101.59 | 0.1 |
| 9 | 2276.3 | 19.52 | 0.48 | 2314.58 | 2175.7 | 97.9 | 0.7 |
| 10 | 2376.3 | 17.75 | 1.45 | 2391.73 | 2353.16 | 28.19 | 0.8 |
| 11 | 2422.59 | 18.54 | 0.04 | 2430.31 | 2399.45 | 22.55 | 0.02 |
| 12 | 2499.75 | 18.39 | 0.02 | 2507.46 | 2438.02 | 50.96 | 0.04 |
| 13 | 2677.2 | 17.21 | 0.14 | 2692.63 | 2507.46 | 138.95 | 0.34 |
| 14 | 2931.8 | 14.9 | 0.2 | 2947.23 | 2692.63 | 201.01 | 0.13 |
| 15 | 3433.29 | 8.04 | 0.16 | 3441.01 | 2947.23 | 463.4 | 0.4 |
| 16 | 3749.62 | 7.67 | 0.67 | 3765.05 | 3726.47 | 42.08 | 0.72 |
| 17 | 3819.06 | 7.68 | 0.22 | 3826.77 | 3795.91 | 33.97 | 0.27 |
| 18 | 3873.06 | 7.33 | 0.1 | 3880.78 | 3834.49 | 52.09 | 0.24 |

Lampiran 2

Spektra Silika Gel Teraktivasi

SHIMADZU



| | Peak | Intensity | Corr. Intensity | Base (H) | Base (L) | Area | Corr. Area |
|----|---------|-----------|-----------------|----------|----------|--------|------------|
| 1 | 378.05 | 16.28 | 35.17 | 385.76 | 362.62 | 10.57 | 6.21 |
| 2 | 432.05 | 5.91 | 4.91 | 447.49 | 416.62 | 33.41 | 3.91 |
| 3 | 802.39 | 14.99 | 9.81 | 864.11 | 732.95 | 92.07 | 12.59 |
| 4 | 964.41 | 12.02 | 2.43 | 979.84 | 871.82 | 84.2 | 4.27 |
| 5 | 1103.28 | 0.52 | 12.71 | 1496.76 | 987.55 | 704.69 | 257.99 |
| 6 | 1635.64 | 11.87 | 2.07 | 1766.8 | 1558.48 | 183.29 | 5.44 |
| 7 | 1867.09 | 13.98 | 0.09 | 1882.52 | 1820.8 | 52.55 | 0.15 |
| 8 | 1967.39 | 14.03 | 0.06 | 1982.82 | 1944.25 | 32.86 | 0.04 |
| 9 | 2021.4 | 13.94 | 0.06 | 2036.83 | 1990.54 | 39.54 | 0.04 |
| 10 | 2137.13 | 13.66 | 0.1 | 2160.27 | 2036.83 | 106.17 | 0.17 |
| 11 | 2283.72 | 13.38 | 0.27 | 2314.58 | 2214.28 | 87.18 | 0.45 |
| 12 | 2368.59 | 12.25 | 1.07 | 2391.73 | 2353.16 | 34.49 | 0.71 |
| 13 | 2461.17 | 12.67 | 0.03 | 2476.6 | 2438.02 | 34.56 | 0.02 |
| 14 | 3448.72 | 3.66 | 0.42 | 3479.58 | 2669.48 | 914.46 | 3.22 |
| 15 | 3487.3 | 3.76 | 0.04 | 3533.59 | 3479.58 | 76.7 | 0.34 |
| 16 | 3757.33 | 4.81 | 0.4 | 3788.19 | 3734.19 | 70.11 | 0.8 |
| 17 | 3873.06 | 4.62 | 0.14 | 3888.49 | 3849.92 | 51.15 | 0.25 |
| 18 | 3950.22 | 4.56 | 0.14 | 3965.65 | 3919.35 | 61.79 | 0.42 |

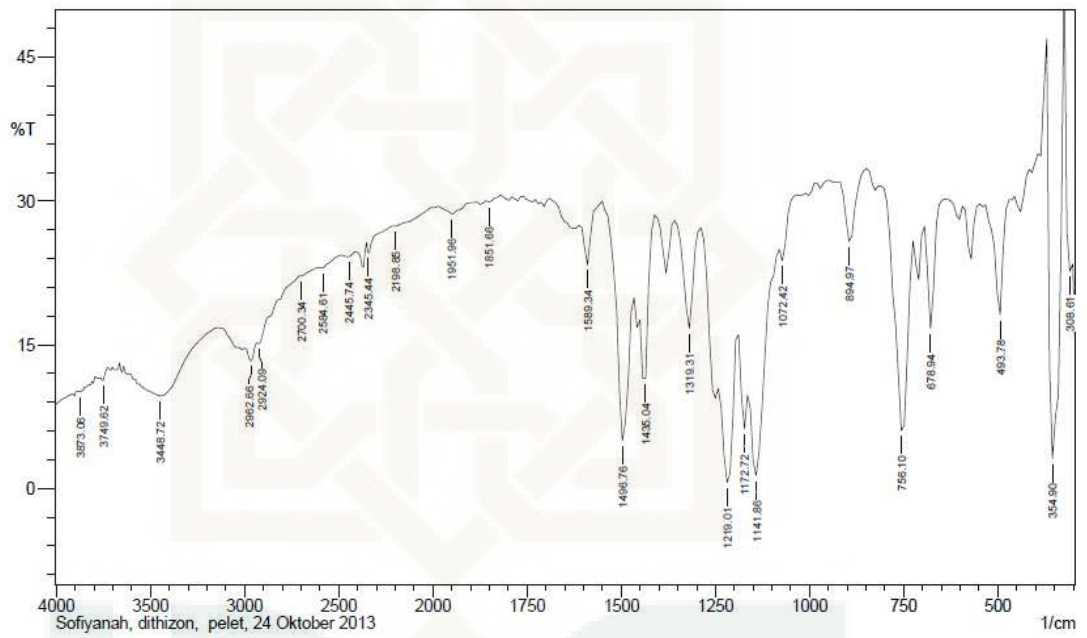
Lampiran 3

Spektra Dithizon Standar

SHIMADZU



Lab. Kimia Organik FMIPA - UGM



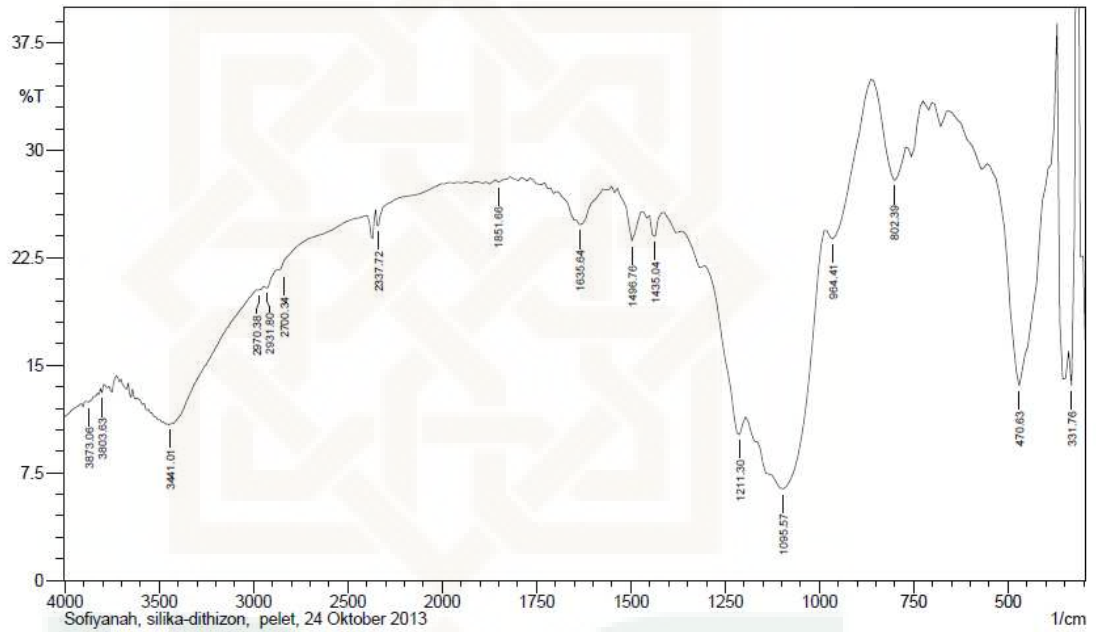
Lampiran 4

Spektra Silika Terimmobilisasi Dithizon

SHIMADZU



Lab. Kimia Organik FMIPA - UGM

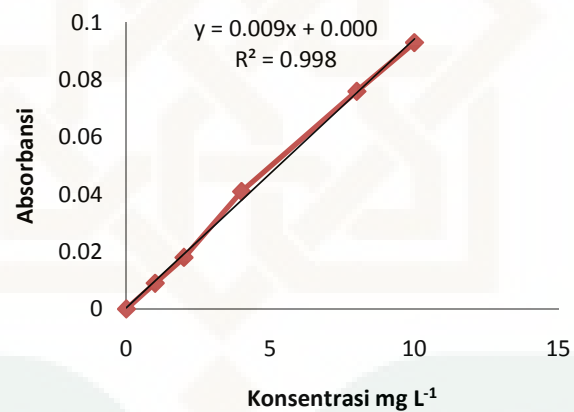


Lampiran 5. Data Absorbansi Larutan Standar dan Kurva Standar Ion Logam Pb(II) dalam Analisis dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

1. Kurva Standar Larutan Ion Logam Pb(II) (Variasi pH)

| Konsentrasi mg L ⁻¹ | Absorbansi |
|-----------------------------------|------------|
| 0 | 0,000 |
| 1 | 0,009 |
| 2 | 0,018 |
| 4 | 0,041 |
| 8 | 0,076 |
| 10 | 0,093 |

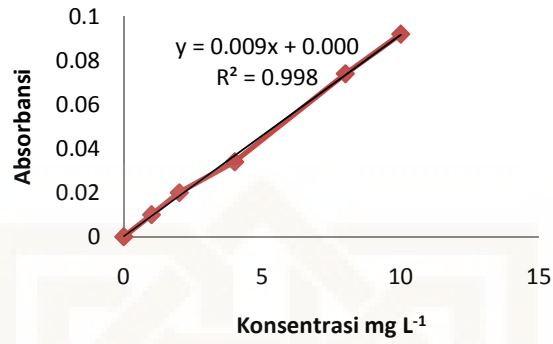
Kurva Standar Larutan Ion Logam Pb(II)



2. Kurva Standar Larutan Ion Logam Pb(II) (Variasi Waktu)

| Konsentrasi mg L ⁻¹ | Absorbansi |
|-----------------------------------|------------|
| 0 | 0,000 |
| 1 | 0,010 |
| 2 | 0,020 |
| 4 | 0,034 |
| 8 | 0,074 |
| 10 | 0,092 |

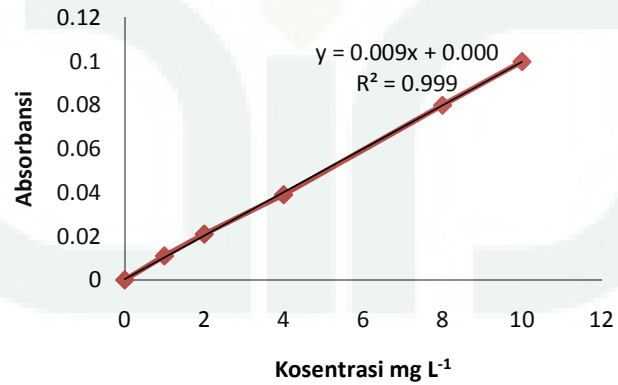
Kurva Standar Larutan Ion Logam Pb(II)



3. Kurva Standar Larutan Ion Logam Pb(II) (Variasi Konsentrasi)

| Konsentrasi mg L ⁻¹ | Absorbansi |
|-----------------------------------|------------|
| 0 | 0,000 |
| 1 | 0,011 |
| 2 | 0,021 |
| 4 | 0,039 |
| 8 | 0,080 |
| 10 | 0,100 |

Kurva Standar Larutan Ion Logam Pb(II)



Lampiran 6. Tabel Pengaruh pH Adsorpsi Ion Logam Pb(II) Oleh Silika Gel Teraktivasi dan Terimobilisasi

1. Tabel dan Grafik Pengaruh pH Adsorpsi Ion Logam Pb(II) Silika Gel Teraktivasi

| pH | A awal | A akhir | [Pb(II) awal] (mg L ⁻¹) | [Pb(II) akhir] (mg L ⁻¹) | [Pb(II) teradsorp] (mg L ⁻¹) |
|----|--------|---------|--|---|---|
| 2 | 0,084 | 0,079 | 8,903 | 8,371 | 0,532 |
| 3 | 0,086 | 0,079 | 9,063 | 8,791 | 0,672 |
| 4 | 0,082 | 0,071 | 8,690 | 7,519 | 1,171 |
| 5 | 0,083 | 0,086 | 8,796 | 7,200 | 1,596 |
| 6 | 0,054 | 0,051 | 5,710 | 5,391 | 0,319 |

2. Tabel Pengaruh pH Adsorpsi Ion Logam Pb(II) Silika Gel Terimmobilisasi Dithizon

| pH | A awal | A akhir | [Pb(II) awal] (mg L ⁻¹) | [Pb(II) akhir] (mg L ⁻¹) | [Pb(II) teradsorp] (mg L ⁻¹) |
|----|--------|---------|--|---|---|
| 2 | 0,072 | 0,053 | 7,626 | 5,603 | 2,022 |
| 3 | 0,075 | 0,054 | 7,945 | 5,710 | 2,235 |
| 4 | 0,068 | 0,023 | 7,147 | 2,411 | 4,736 |
| 5 | 0,049 | 0,022 | 7,679 | 2,251 | 5,428 |
| 6 | 0,050 | 0,003 | 5,284 | 0,282 | 5,002 |

Lampiran 7. Tabel dan Grafik Pengaruh Waktu Kontak Adsorpsi Ion Logam Pb(II) Oleh Silika Gel Teraktivasi dan Terimobilisasi

1. Tabel Pengaruh Waktu Kontak Adsorpsi Ion Logam Pb(II) Silika Gel Teraktivasi

| Waktu kontak | A awal | A akhir | [Pb ²⁺ awal] (mg L ⁻¹) | [Pb ²⁺ akhir] (mg L ⁻¹) | [Pb ²⁺ teradsorp] (mg L ⁻¹) |
|--------------|--------|---------|--|---|---|
| 10 | 0,054 | 0,038 | 5,000 | 4,130 | 0,87 |
| 20 | 0,070 | 0,055 | 7,000 | 5,988 | 1,012 |
| 30 | 0,056 | 0,054 | 6,097 | 5,000 | 1,097 |
| 60 | 0,070 | 0,044 | 7,000 | 4,786 | 2,214 |
| 120 | 0,055 | 0,040 | 6,000 | 4,667 | 1,333 |
| 180 | 0,051 | 0,047 | 5,551 | 5,114 | 0,437 |

2. Tabel dan Grafik Pengaruh Waktu Kontak Adsorpsi Ion Logam Pb(II) Silika Gel Terimobilisasi Dithizon

| Waktu kontak | A awal | A akhir | [Pb(II) awal] (mg L ⁻¹) | [Pb(II) akhir] (mg L ⁻¹) | [Pb(II) teradsorp] (mg L ⁻¹) |
|--------------|--------|---------|-------------------------------------|--------------------------------------|--|
| 10 | 0,04 | 0,02 | 4,349 | 2,109 | 2,24 |
| 20 | 0,061 | 0,034 | 6,68 | 3,681 | 2,999 |
| 30 | 0,041 | 0,019 | 7,627 | 3,475 | 4,152 |
| 60 | 0,073 | 0,011 | 7,901 | 1,125 | 6,776 |
| 120 | 0,084 | 0,044 | 9,157 | 4,841 | 4,316 |
| 180 | 0,071 | 0,037 | 7,737 | 4,021 | 3,716 |

Lampiran 8. Tabel Isoterm Adsorpsi Ion Logam Pb(II) Oleh Silika Gel Teraktivasi dan Terimobilisasi Dithizon

1. Isoterm adsorpsi ion logam Pb(II) oleh silika gel teraktivasi

| [Pb ²⁺ Awal] (mg L ⁻¹) | Absorbansi | | [Pb ²⁺ Awal] (mg L ⁻¹) | [Pb ²⁺ Akhir] (mg L ⁻¹) | Pb ²⁺ Teradsorp (mg L ⁻¹) | Masa Adsorben (gram) | Jumlah Pb ²⁺ teradsorp per massa adsorben (mg g ⁻¹) |
|---|------------|-------|---|--|--|----------------------|--|
| | Awal | Akhir | | | | | |
| 2 | 0,011 | 0,001 | 1,063 | 0,057 | 1,006 | 0,005 | 2,012 |
| 4 | 0,032 | 0,016 | 3,177 | 1,567 | 1,61 | 0,005 | 3,22 |
| 6 | 0,053 | 0,039 | 6,000 | 3,932 | 2,068 | 0,005 | 4,136 |
| 8 | 0,068 | 0,040 | 6,800 | 3,982 | 2,818 | 0,005 | 5,636 |
| 10 | 0,091 | 0,048 | 9,115 | 4,787 | 4,328 | 0,005 | 8,656 |
| 12 | 0,090 | 0,058 | 9,014 | 5,743 | 3,271 | 0,005 | 6,542 |

2. Isoterm adsorpsi ion logam Pb(II) oleh silika gel terimmobilisasi dithizon

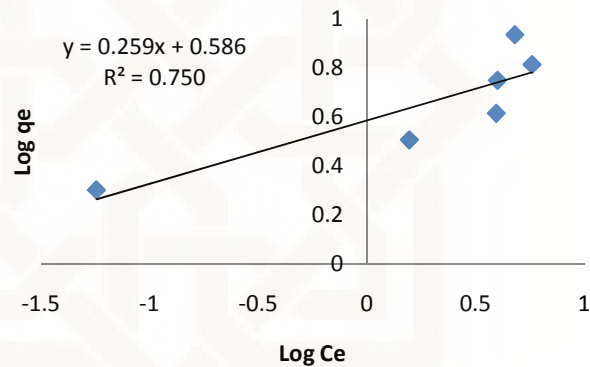
| [Pb(II) Awal] (mg L ⁻¹) | Absorbansi | | Pb(II) Awal] (mg L ⁻¹) | [Pb(II) Akhir] (mg L ⁻¹) | Pb(II) Teradsorp (mg L ⁻¹) | Masa Adsorben (gram) | Jumlah Pb(II) Teradsorp per massa adsorben (mg g ⁻¹) |
|-------------------------------------|------------|-------|------------------------------------|--------------------------------------|--|----------------------|--|
| | Awal | Akhir | | | | | |
| 2 | 0,019 | 0,006 | 1,869 | 0,560 | 1,309 | 0,005 | 2,618 |
| 4 | 0,034 | 0,007 | 3,328 | 0,661 | 2,667 | 0,005 | 5,334 |
| 6 | 0,054 | 0,017 | 5,391 | 1,567 | 3,824 | 0,005 | 7,648 |
| 8 | 0,079 | 0,016 | 8,000 | 3,982 | 4,018 | 0,005 | 8,036 |
| 10 | 0,094 | 0,031 | 9,417 | 3,076 | 6,341 | 0,005 | 12,682 |
| 12 | 0,55 | 0,046 | 10,000 | 5,486 | 5,414 | 0,005 | 10,828 |

Lampiran 9. Perhitungan Isoterm Adsorpsi Untuk Silika Gel Teraktivasi dan Terimobilisasi Dithizon

1. Isoterm Freundlich untuk silika gel teraktivasi

| Ce (mg L ⁻¹) | qe (mg g ⁻¹ adsorben) | Log Ce | Log qe |
|--------------------------|----------------------------------|----------|----------|
| 0,057 | 2,012 | -1,24413 | 0,303628 |
| 1,567 | 3,22 | 0,195069 | 0,507856 |
| 3,932 | 4,136 | 0,594614 | 0,616581 |
| 3,982 | 5,636 | 0,600101 | 0,750971 |
| 4,787 | 8,656 | 0,680063 | 0,937317 |
| 5,7435 | 6,524 | 0,759177 | 0,815711 |

Grafik log Ce terhadap log qe pada isoterm Freundlich



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

$$\log q_e = 0,586 + 0,259 C_e$$

$$\text{intersep} = \log K_F = 0,586$$

$$K_F = 3,8548 \text{ mg/g} = 1,86 \times 10^{-5} \text{ mol/g}$$

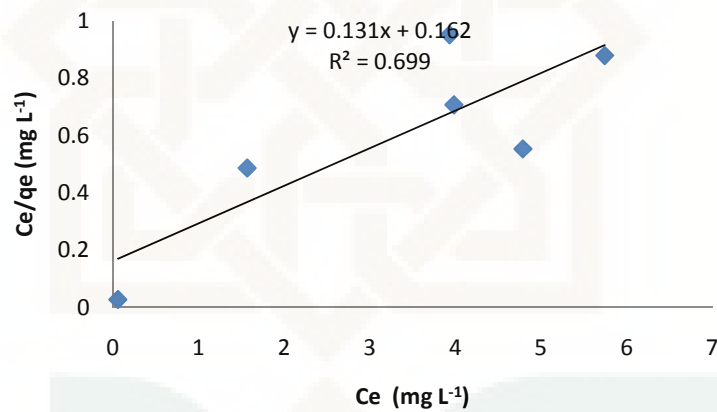
$$\text{Slope} = 1/n = 0,259$$

$$n = 3,86$$

2. Isoterm Langmuir untuk silika gel teraktivasi

| Co (mg L ⁻¹) | Ce (mg L ⁻¹) | Ca (mg L ⁻¹) | Massa adsorben (gram) | Volume (L) | qe (mg g ⁻¹ adsorben) | Ce/qe (g L ⁻¹) |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|------------|----------------------------------|----------------------------|
| 1,063 | 0,057 | 1,006 | 0,005 | 0,01 | 2,012 | 0,02833002 |
| 3,177 | 1,567 | 1,61 | 0,005 | 0,01 | 3,22 | 0,48664596 |
| 6 | 3,932 | 2,068 | 0,005 | 0,01 | 4,136 | 0,95067698 |
| 6,8 | 3,982 | 2,818 | 0,005 | 0,01 | 5,636 | 0,70652945 |
| 9,115 | 4,787 | 4,328 | 0,005 | 0,01 | 8,656 | 0,5530268 |
| 9,014 | 5,7435 | 3,271 | 0,005 | 0,01 | 6,542 | 0,87794253 |

Grafik Ce terhadap Ce/qe pada isoterm Langmuir



$$R^2 = 0,699$$

$$r = 0,836$$

$$Ce/qe = 1/q_{max} \times KL + 1/q_{max} \times Ce$$

$$Ce/qe = 0,162 + 0,131 Ce$$

$$\text{Slope} = 1/q_{max} = 0,131$$

$$q_{max} = 1/0,131 = 7,6336 \text{ mg/g} = 3,68 \times 10^{-5} \text{ mol/g}$$

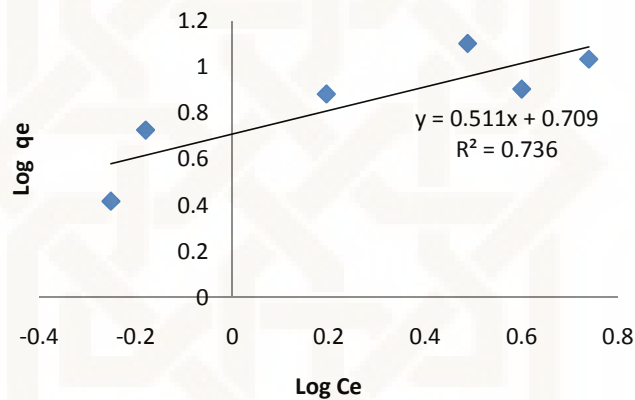
$$\text{intersep} = 1/(q_{max} \times KL) = 0,162$$

$$KL = 0,8086 \text{ L/mg} = 167535,7 \text{ L/mol}$$

3. Isoterm Freundlich untuk silika gel terimmobilisasi dithizon

| Ce (mg L ⁻¹) | qe (mg g ⁻¹ adsorben) | Log Ce | Log qe |
|--------------------------|----------------------------------|----------|----------|
| 0,56 | 2,618 | -0,25181 | 0,41797 |
| 0,661 | 5,334 | -0,1798 | 0,727053 |
| 1,567 | 7,648 | 0,195069 | 0,883548 |
| 3,982 | 8,036 | 0,600101 | 0,90504 |
| 3,076 | 12,682 | 0,487986 | 1,103188 |
| 5,486 | 10,828 | 0,739256 | 1,034548 |

Grafik log Ce terhadap log qe pada isoterm Freundlich



$$\log q_e = \log KF + 1/n \log C_e$$

$$\log q_e = 0,709 + 0,511 C_e$$

$$\text{intersep} = \log KF = 0,709$$

$$KF = 5,1168 \text{ mg/g} = 2,4696 \times 10^{-5} \text{ mol/g}$$

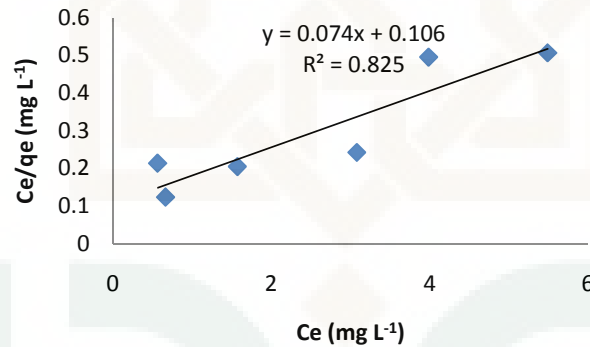
$$\text{Slope} = 1/n = 0,511$$

$$n = 1,97$$

4. Isoterm Langmuir untuk silika gel terimmobilisasi dithizon

| Co (mg L ⁻¹) | Ce (mg L ⁻¹) | Ca (mg L ⁻¹) | Massa adsorben (gram) | Volume (L) | qe (mg g ⁻¹ adsorben) | Ce/qe (g L ⁻¹) |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|------------|----------------------------------|----------------------------|
| 1,869 | 0,56 | 1,309 | 0,005 | 0,01 | 2,618 | 0,21390374 |
| 3,328 | 0,661 | 2,667 | 0,005 | 0,01 | 5,334 | 0,12392201 |
| 5,391 | 1,567 | 3,824 | 0,005 | 0,01 | 7,648 | 0,20489017 |
| 8,000 | 3,982 | 4,018 | 0,005 | 0,01 | 8,036 | 0,49552016 |
| 9,417 | 3,076 | 6,341 | 0,005 | 0,01 | 12,682 | 0,24254849 |
| 10,00 | 5,486 | 5,414 | 0,005 | 0,01 | 10,828 | 0,50664943 |

Grafik Ce terhadap Ce/qe pada isoterm Langmuir



$$R^2 = 0,825$$

$$r = 0,908$$

$$Ce/qe = 1/q_{max} \times K_L + 1/q_{max} \times Ce$$

$$Ce/qe = 0,106 + 0,074 Ce$$

$$\text{Slope} = 1/q_{max} = 0,074$$

$$q_{max} = 1/0,074 = 13,5135 \text{ mg/g} = 6,52 \times 10^{-5} \text{ mol/g}$$

$$\text{intersep} = 1/(q_{max} \times K_L) = 0,106$$

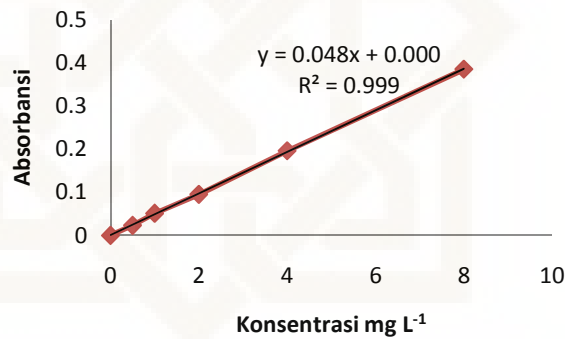
$$K_L = 0,6981 \text{ L/mg} = 144639,3 \text{ L/mol}$$

Lampiran 10. Data Absorbansi Larutan Standar dan Kurva Standar Ion Logam Cu(II) dalam Analisis dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

1. Kurva Standar Larutan Ion Logam Cu(II) (Variasi pH)

| Konsentrasi (mg L ⁻¹) | Absorbansi |
|--------------------------------------|------------|
| 0 | 0,000 |
| 0,5 | 0,023 |
| 1 | 0,051 |
| 2 | 0,095 |
| 4 | 0,196 |
| 8 | 0,385 |

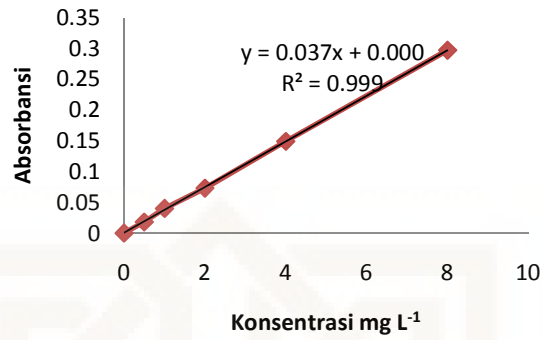
Kurva Standar Larutan Ion Logam Cu(II)



2. Kurva Standar Larutan Ion Logam Cu(II) (Variasi Waktu)

| Konsentrasi (mg L ⁻¹) | Absorbansi |
|--------------------------------------|------------|
| 0 | 0,000 |
| 0,5 | 0,018 |
| 1 | 0,040 |
| 2 | 0,073 |
| 4 | 0,149 |
| 8 | 0,297 |

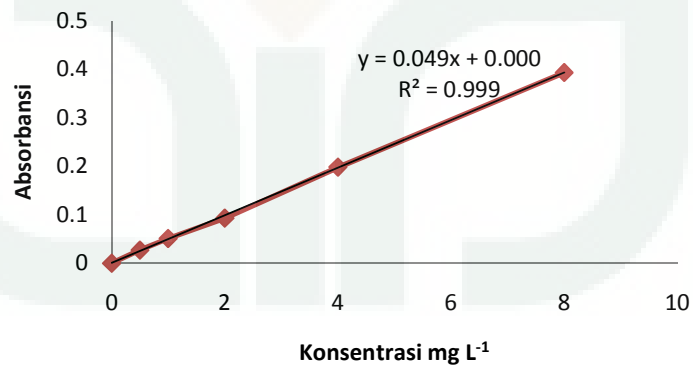
Kurva Standar Larutan Ion Logam Cu(II)



3. Kurva Standar Larutan Ion Logam Cu(II) (Variasi Konsentrasi)

| Konsentrasi (mg L ⁻¹) | Absorbansi |
|-----------------------------------|------------|
| 0 | 0,000 |
| 0,5 | 0,027 |
| 1 | 0,051 |
| 2 | 0,093 |
| 4 | 0,198 |
| 8 | 0,393 |

Kurva Standar Larutan Ion Logam Cu(II)



Lampiran 11. Tabel dan Grafik Pengaruh pH Adsorpsi Ion Logam Cu(II) Oleh Silika Gel Teraktivasi dan Terimobilisasi Dithizon

1. Tabel Pengaruh pH Adsorpsi Ion Logam Cu(II) Silika Gel Teraktivasi

| pH | A awal | A akhir | [Cu(II) awal] (mg L ⁻¹) | [Cu(II) akhir] (mg L ⁻¹) | [Cu(II) teradsorp] (mg L ⁻¹) |
|----|--------|---------|--|---|---|
| 2 | 0,088 | 0,087 | 9,078 | 8,975 | 0,103 |
| 3 | 0,080 | 0,078 | 8,249 | 8,041 | 0,208 |
| 4 | 0,169 | 0,150 | 6,645 | 5,893 | 0,752 |
| 5 | 0,168 | 0,126 | 6,606 | 4,942 | 1,664 |
| 6 | 0,137 | 0,112 | 6,447 | 4,942 | 1,505 |

2. Tabel Pengaruh pH Adsorpsi Ion Logam Cu(II) Silika Gel Terimmobilisasi Dithizon

| pH | A awal | A akhir | [Cu(II) awal] (mg L ⁻¹) | [Cu(II) akhir] (mg L ⁻¹) | [Cu(II) teradsorp] (mg L ⁻¹) |
|----|--------|---------|--|---|---|
| 2 | 0,097 | 0,090 | 10,00 | 9,286 | 0,714 |
| 3 | 0,087 | 0,077 | 8,975 | 7,937 | 1,038 |
| 4 | 0,121 | 0,094 | 8,256 | 6,384 | 1,872 |
| 5 | 0,115 | 0,069 | 7,701 | 4,94 | 2,707 |
| 6 | 0,109 | 0,076 | 7,423 | 4,786 | 2,637 |

Lampiran 12. Tabel Pengaruh Waktu Kontak Adsorpsi Ion Logam Cu(II) Oleh Silika Gel Teraktivasi dan Terimobilisasi Dithizon

1. Tabel Pengaruh Waktu Kontak Adsorpsi Ion Logam Cu(II) Silika Gel Teraktivasi

| Waktu kontak | A awal | A akhir | [Cu(II) awal] (mg L ⁻¹) | [Cu(II) akhir] (mg L ⁻¹) | [Cu(II) teradsorp] (mg L ⁻¹) |
|--------------|--------|---------|--|---|---|
| 10 | 0,091 | 0,084 | 8,889 | 8,192 | 0,697 |
| 20 | 0,083 | 0,076 | 8,093 | 7,300 | 0,793 |
| 30 | 0,086 | 0,079 | 8,400 | 7,600 | 0,800 |
| 60 | 0,092 | 0,077 | 8,988 | 7,496 | 1,492 |
| 120 | 0,088 | 0,078 | 8,590 | 7,596 | 0,994 |
| 180 | 0,090 | 0,084 | 8,789 | 8,192 | 0,597 |

2. Tabel Pengaruh Waktu Kontak Adsorpsi Ion Logam Cu(II) Silika Gel Terimmobilisasi Dithizon

| Waktu kontak | A awal | A akhir | [Cu(II) awal] (mg L ⁻¹) | [Cu(II) akhir] (mg L ⁻¹) | [Cu(II) teradsorp] (mg L ⁻¹) |
|--------------|--------|---------|-------------------------------------|--------------------------------------|--|
| 10 | 0,192 | 0,164 | 7,780 | 6,637 | 1,143 |
| 20 | 0,193 | 0,163 | 7,821 | 6,596 | 1,225 |
| 30 | 0,193 | 0,156 | 7,821 | 6,310 | 1,511 |
| 60 | 0,196 | 0,153 | 7,944 | 6,188 | 1,756 |
| 120 | 0,198 | 0,163 | 8,000 | 6,596 | 1,404 |
| 180 | 0,186 | 0,158 | 7,535 | 6,392 | 1,143 |

Lampiran 13. Tabel Isoterm Adsorpsi Ion Logam Cu(II) Oleh Silika Gel Teraktivasi dan Terimmobilisasi Dithizon

1. Isoterm adsorpsi ion logam Cu(II) oleh silika gel terimmobilisasi dithizon

| Cu ²⁺ Awal] (mg L ⁻¹) | Absorbansi | | [Cu(II) Awal] (mg L ⁻¹) | [Cu(II) Akhir] (mg L ⁻¹) | Cu(II) Teradsorp (mg L ⁻¹) | Masa Adsorben (gram) | Jumlah Cu(II) Teradsorp per massa adsorben (mg g ⁻¹) |
|--|------------|-------|-------------------------------------|--------------------------------------|--|----------------------|--|
| | Awal | Akhir | | | | | |
| 2 | 0,077 | 0,017 | 1,564 | 0,341 | 1,223 | 0,005 | 2,446 |
| 4 | 0,156 | 0,045 | 3,174 | 0,912 | 2,262 | 0,005 | 4,524 |
| 6 | 0,244 | 0,082 | 4,613 | 1,531 | 3,082 | 0,005 | 6,164 |
| 8 | 0,197 | 0,115 | 8,000 | 4,677 | 3,323 | 0,005 | 6,646 |
| 10 | 0,193 | 0,134 | 7,857 | 5,452 | 2,405 | 0,005 | 4,81 |
| 12 | 0,222 | 0,175 | 9,039 | 7,123 | 1,916 | 0,005 | 3,838 |

2. Isoterm adsorpsi ion logam Cu(II) oleh silika gel teraktivasi

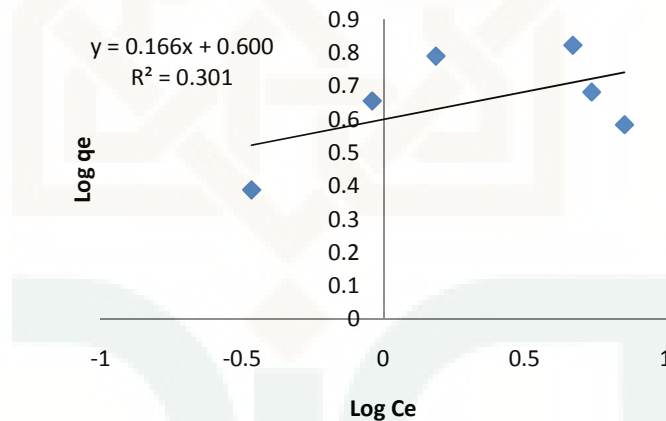
| Cu ²⁺ Awal] (mg L ⁻¹) | Absorbansi | | Cu ²⁺ Awal] (mg L ⁻¹) | [Cu ²⁺ Akhir] (mg L ⁻¹) | Cu ²⁺ Teradsorp (mg L ⁻¹) | Masa Adsorben (gram) | Jumlah Cu ²⁺ teradsorp per massa adsorben (mg g ⁻¹) |
|--|------------|-------|--|--|--|----------------------|--|
| | Awal | Akhir | | | | | |
| 2 | 0,082 | 0,045 | 1,531 | 0,912 | 0,619 | 0,005 | 1,238 |
| 4 | 0,176 | 0,101 | 3,582 | 2,053 | 1,529 | 0,005 | 3,184 |
| 6 | 0,133 | 0,130 | 5,411 | 2,644 | 2,767 | 0,005 | 5,534 |
| 8 | 0,197 | 0,116 | 8,000 | 4,718 | 3,289 | 0,005 | 6,578 |
| 10 | 0,191 | 0,136 | 7,776 | 5,534 | 2,242 | 0,005 | 4,484 |
| 12 | 0,232 | 0,196 | 9,447 | 7,979 | 1,468 | 0,005 | 2,936 |

Lampiran 14. Perhitungan Isoterm Adsorpsi Untuk Silika Gel Teraktivasi dan Terimobilisasi Dithizon

1. Isoterm Freundlich untuk silika gel terimmobilisasi dithizon

| Ce (mg L ⁻¹) | qe (mg g ⁻¹ adsorben) | Log Ce | Log qe |
|-----------------------------|-------------------------------------|----------|---------|
| 0,341 | 2,446 | -0,4673 | 0,38846 |
| 0,912 | 4,524 | -0,04 | 0,65552 |
| 1,531 | 6,164 | 0,184975 | 0,78986 |
| 4,677 | 6,646 | 0,669967 | 0,82256 |
| 5,452 | 4,81 | 0,736556 | 0,68214 |
| 7,123 | 3,838 | 0,852663 | 0,5841 |

Grafik log Ce terhadap log qe pada isoterm Freundlich



$$\log q_e = \log KF + 1/n \log C_e$$

$$\log q_e = 0,600 + 0,166 C_e$$

$$\text{intersep} = \log KF = 0,600$$

$$KF = 3,9811 \text{ mg/g} = 6,26 \times 10^{-5} \text{ mol/g}$$

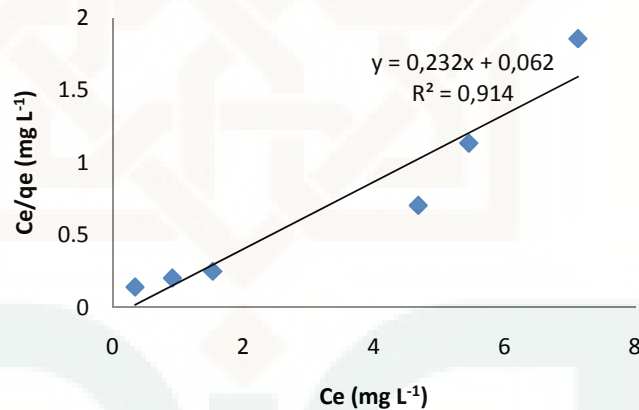
$$\text{Slope} = 1/n = 0,166$$

$$n = 6,02$$

| Co (mg L ⁻¹) | Ce (mg L ⁻¹) | Ca (mg L ⁻¹) | Massa adsorben (gram) | Volume (L) | qe (mg g ⁻¹ adsorben) | Ce/qe (g L ⁻¹) |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| 1,564 | 0,341 | 1,223 | 0,005 | 0,01 | 2,466 | 0,139411 |
| 3,174 | 0,912 | 2,262 | 0,005 | 0,01 | 4,524 | 0,201592 |
| 4,163 | 1,531 | 3,082 | 0,005 | 0,01 | 6,164 | 0,248378 |
| 8,000 | 4,677 | 3,323 | ,005 | 0,01 | 6,646 | 0,703732 |
| 7,857 | 5,452 | 2,405 | 0,005 | 0,01 | 4,81 | 1,133472 |
| 9,039 | 7,123 | 1,916 | 0,005 | 0,01 | 3,828 | 1,855915 |

2. Isoterm Langmuir untuk silika gel terimmobilisasi dithizon

Grafik Ce terhadap Ce/qe pada isoterm Langmuir



$$R^2 = 0,914$$

$$r = 0,956$$

$$Ce/qe = 1/q_{\max} \times K_L + 1/q_{\max} \times Ce$$

$$Ce/qe = 0,062 + 0,232 Ce$$

$$\text{Slope} = 1/q_{\max} = 0,232$$

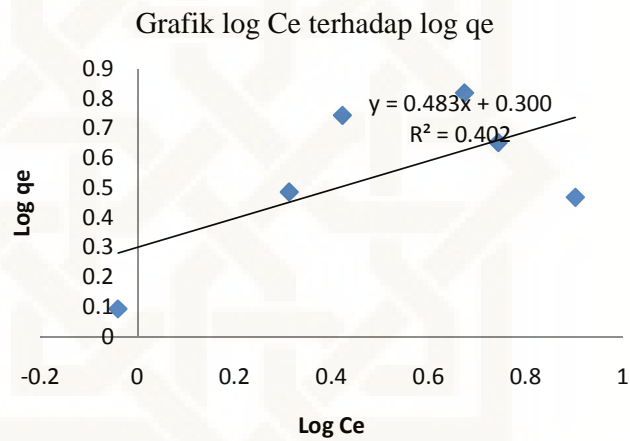
$$q_{\max} = 1/0,232 = 4,3103 \text{ mg/g} = 6,78 \times 10^{-5} \text{ mol/g}$$

$$\text{intersep} = 1/(q_{\max} \times K_L) = 0,062$$

$$K_L = 2,7425 \text{ L/mg} = 237820,9 \text{ L/mol}$$

3. Isoterm Freundlich untuk silika teraktivasi

| Ce (mg L ⁻¹) | q _e (mg g ⁻¹ adsorben) | Log Ce | Log q _e |
|--------------------------|---|---------|--------------------|
| 0,912 | 1,238 | -0,04 | 0,09272 |
| 2,053 | 3,058 | 0,31239 | 0,48544 |
| 2,644 | 5,534 | 0,42226 | 0,74304 |
| 4,718 | 6,578 | 0,67376 | 0,81809 |
| 5,534 | 4,484 | 0,74304 | 0,65167 |
| 7,979 | 2,936 | 0,90195 | 0,46776 |



Grafik log Ce terhadap log q_e pada isoterm Freundlich

$$\log q_e = \log KF + 1/n \log Ce$$

$$\log q_e = 0,300 + 4,83 \log Ce$$

$$\text{intersep} = \log KF = 0,300$$

$$KF = 1,9953 \text{ mg/g} = 3,14 \times 10^{-5} \text{ mol/g}$$

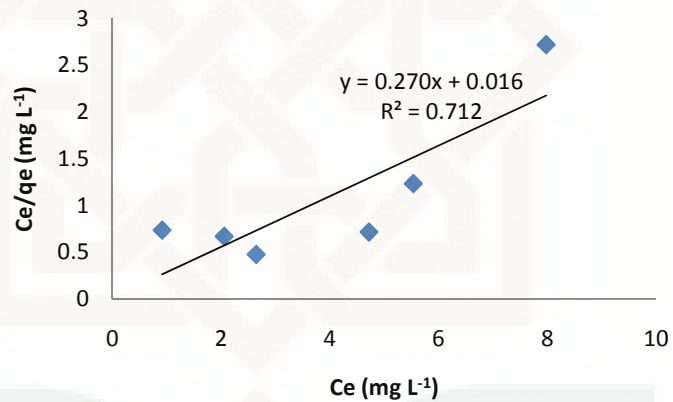
$$\text{Slope} = 1/n = 4,83$$

$$n = 0,207$$

4. Isoterm Langmuir untuk silika gel teraktivasi

| Co (mg L ⁻¹) | Ce (mg L ⁻¹) | Ca (mg L ⁻¹) | Massa adsorben (gram) | Volume (L) | qe (mg g ⁻¹ adsorben) | Ce/qe (g L ⁻¹) |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| 1,531 | 0,912 | 0,619 | 0,005 | 0,01 | 1,238 | 0,736672 |
| 3,582 | 2,053 | 1,529 | 0,005 | 0,01 | 3,058 | 0,671354 |
| 5,411 | 2,644 | 2,767 | 0,005 | 0,01 | 5,534 | 0,477774 |
| 8,000 | 4,718 | 3,289 | 0,005 | 0,01 | 6,578 | 0,717239 |
| 7,776 | 5,534 | 2,242 | 0,005 | 0,01 | 4,484 | 1,234166 |
| 9,447 | 7,979 | 1,468 | 0,005 | 0,01 | 2,936 | 2,717643 |

Grafik Ce terhadap Ce/qe pada isoterm Langmuir



$$R^2 = 0,712$$

$$r = 0,844$$

$$Ce/qe = 1/q_{max} \times K_L + 1/q_{max} \times Ce$$

$$Ce/qe = 0,016 + 0,270 Ce$$

$$\text{Slope} = 1/q_{max} = 0,270$$

$$q_{max} = 1 / 0,270 = 3,7037 \text{ mg/g} = 5,83 \times 10^{-6} \text{ mol/g}$$

$$\text{intersep} = 1/(q_{max} \times K_L) = 0,016$$

$$K_L = 16,8634 \text{ L/mg} = 1071602 \text{ L/mol}$$