

LAPORAN TUGAS AKHIR

**STUDI ADSORPSI LOGAM BERAT PADA ADSORBEN KITOSAN
SILIKA – KITOSAN SILIKA DITIZON**

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh derajat Ahli
Madya Sains (A.Md.Si) Analis Kimia Program Studi Diploma III Analisis
Kimia**



Disusun oleh:

ANISAH ASMA NADIA

NIM: 17231067

**PROGRAM STUDI DIII ANALISIS KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2020**

LAPORAN TUGAS AKHIR

**STUDI ADSORBSI LOGAM BERAT PADA ADSORBEN KITOSAN
SILIKA – KITOSAN SILIKA DITIZON**

**STUDY OF HEAVY METAL ADSORPTION IN SILICA CHITOSAN
ADSORBENT – DITHIZON SILICA CHITOSAN**



Disusun oleh:

ANISAH ASMA NADIA

NIM: 17231067

**PROGRAM STUDI DIII ANALISIS KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2020

HALAMAN PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

**STUDI ADSORBSI LOGAM BERAT PADA ADSORBEN KITOSAN
SILIKA – KITOSAN SILIKA DITIZON**

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Anisah Asma Nadia
NIM: 17231067

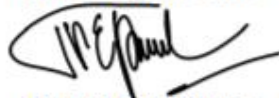
Telah disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir
Progra Studi D III Analisis Kimia

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia

Pada tanggal 20 Mei 2020.

Menyetujui.
الجمعة الاستاذة انيسه

Ketua Program Studi



Tri Esti Purbaningtias, S.Si., M.Si.
NIK. 132311102

Pembimbing



Yuli Rohyami, S.Si., M.Sc.
NIK. 052316004

HALAMAN PENGESAHAN


LAPORAN TUGAS AKHIR


**STUDI ADSORBSI LOGAM BERAT PADA ADSORBEN KITOSAN
SILIKA – KITOSAN SILIKA DITIZON**

Dipersiapkan dan disusun oleh:
Anisah Asma Nadia
NIM: 17231067

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada tanggal 20 Mei 2020


Susunan Tim Penguji



Pembimbing/ penguji 
Yuli Rohyani, S.Si., M.Sc.
NIK. 052316004

Penguji 1 
Ganjar Fadillah, M.Si.
NIK. 182310101

Penguji 2 
Muhaimin, M.Sc.
NIK. 15614130

Mengetahui,
Dekan Fakultas MIPA UII


Prof. Riyanto, S.Pd., M.Si., Ph.D.
NIK. 006120101



PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir ini tidak terdapat bagian yang pernah digunakan untuk memperoleh gelar Ahli Madya atau gelar lainnya di suatu Perguruan Tinggi dan sepengetahuan saya tidak terdapat bagian yang pernah ditulis dan diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 3 Mei 2020



Anisah Asma Nadia

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil ‘aalamiin segala puji hanya untuk Allah SWT. Atas segala karunia dan nikmatNya, nikmat sehat, waktu luang, rezeki, tenaga dan ilmu yang masih jauh dari kata sempurna ini. Atas izinNya Alhamdulillah laporan tugas akhir ini bisa saya selesaikan.

Teruntuk Ibu dan Abi, terimakasih Jazaakallahumaa Khairan Katsiiran atas semua pengorbanan materil maupun moril yang telah diberikan. Keringat, usaha, do’a, semangat dan kesempatan yang selalu Ibu dan Abi berikan. Terimakasih untuk selalu percaya bahwa nadia bisa melakukan apapun yang terbaik. Terimakasih atas kasih sayang yang selalu tucurahkan dalam kondisi apapun. Teruntuk Teteh Nawwal dan Dede Naisha terimakasih selalu menjadi keceriaan kakak kala diperantauan. Semoga Allah selalu melindungi keluarga kita dan mengumpulkan kembali di SyurgaNya. Aamiin...

Terimakasih untuk Ibu Yuli Rohyami, S.Si, M.Si. atas segala bimbingan dan dukungan dalam segala proses penelitian dan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini. Semoga Allah membalas semua kebaikan Ibu, Aamiin. Kepada Prodi DII Analisis Kimia dan para Dosen terimakasih atas kontribusi pentingnya dalam membimbing saya dalam setiap proses pembelajaran. Semoga seluruh ilmu yang telah bapak dan ibu berikan dapat senantiasa saya terapkan dan mendapat balasan dari Allah SWT. Aaamiin

Sahabat-sahabatku tersayang.. Idaw, Nisa, Ayu, Ipit, Manggar, Eka terimakasih telah menjadi teman terbaik di segala kondisi. Perjalan hidup selama tiga tahun di UII begitu berwarna berkat kalian. Semoga Allah selalu memudahkan langkah baik kita dimapun kalian berada. Semoga kita bisa menjadi teman sehidup sesyurga aamiin.. Nadia sayang kalian.

Teman-teman perjuangan KBD dan orang yang berarti dalam perjalanan hidup saya selama di UII. Terimakasih untuk selalu menjadi penyemangat kala lelah, bosan dan patah semangat. Sukses selalu untuk kalian.

Semua teman-teman analisis kimia UII Angkatan 2017, terimakasih selalu kebersamai proses pembelajaran dari awal semester sampai akhir.

Dan semua pihak yang telah terlibat dalam semua proses penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, Jazakallahu ahsanul Jazaa aamiin.

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya, shalawat dan salam semoga tercurah limpahkan kepada Nabi Muhammad SAW dan para sahabat yang senantiasa menunjukkan umat islam terhadap kebenaran Agama-Nya. Berkat rahmat dan pertolonganNya penyusun dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul Studi Adsorpsi Logam Berat Pada Adsorben Kitosan Silika – Kitosan Silika Ditizon.

Laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat memperoleh derajat Ahli Madya (A.Md.Si) DIII Analisis Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Selama proses penyusunan Laporan Tugas Akhir ini penyusun telah mendapatkan bantuan dan bimbingan serta pengarahan dari berbagai pihak, untuk itu pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Riyanto, M.Si., Ph. D. selaku Dekan Fakultas MIPA UII.
2. Ibu Tri Esti Purbaningtias, M.Si. selaku Ketua Program Studi DIII Analisis Kimia.
3. Ibu Yuli Rohyami, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.

Penyusunan laporan ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapakan arahan, bimbingan, kritik dan saran yang membangun demi terciptanya laporan yang lebih baik.

Wassalamu 'alaikum warohmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, 3 Mei 2020

Penyusun

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| LAPORAN TUGAS AKHIR | i |
| HALAMAN PENGESAHAN | iii |
| PERNYATAAN..... | v |
| HALAMAN PERSEMBAHAN..... | vi |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR GAMBAR | x |
| DAFTAR TABEL..... | xii |
| DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN..... | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiv |
| INTISARI..... | xv |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Tujuan..... | 3 |
| 1.4 Manfaat Penelitian..... | 3 |
| BAB II DASAR TEORI..... | 4 |
| 3.1 Kitosan..... | 4 |
| 3.2 Silika..... | 6 |
| 3.3 Ditizon | 6 |
| 3.4 Adsorpsi..... | 7 |
| 3.5 Isoterm Adsorpsi..... | 10 |
| 3.3.1 Isoterm Adsorpsi Langmuir | 10 |
| 3.3.2 Isoterm Adsorpsi Freundlich..... | 11 |
| 3.6 Logam Berat | 12 |
| 3.6.1 Besi (Fe)..... | 12 |
| 3.6.2 Kadmium (Cd) | 12 |
| 3.6.3 Krom (Cr)..... | 13 |
| 3.6.4 Tembaga (Cu)..... | 13 |
| 3.6.5 Timbal (Pb) | 13 |
| 3.7 Spektrofotometer Serapan Atom (AAS)..... | 14 |
| BAB III METODOLOGI..... | 18 |

| | | |
|-----------------------------------|-------------------------|----|
| 3.1 | Alat | 18 |
| 3.2 | Bahan | 18 |
| 3.3 | Cara Kerja..... | 18 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | | 23 |
| 4.1 | Logam Besi (Fe)..... | 25 |
| 4.2 | Logam Kadmiun (Cd)..... | 30 |
| 4.3 | Logam Krom (Cr) | 34 |
| 4.4 | Logam Tembaga (Cu)..... | 38 |
| 4.5 | Logam Timbal (Pb) | 42 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | | 47 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 47 |
| 5.2 | Saran | 47 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 49 |
| LAMPIRAN | | 52 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2. 1 Struktur Kitosan (Nugroho dkk, 2011)..... | 4 |
| Gambar 2. 2 Struktur Kitosan Silika | 6 |
| Gambar 2. 3 Struktur Senyawa Ditzon (NEUROtiker, 2008)..... | 7 |
| Gambar 2. 4 Instumen Spektrofotometer Serapan Atom | 16 |
| Gambar 4. 1 Grafik Optimasi Pengaruh pH pada Ion Logam Besi..... | 25 |
| Gambar 4. 2 Grafik Optimasi Pengaruh Waktu pada Ion Logam Besi..... | 26 |
| Gambar 4. 3 Grafik Optimasi Pengaruh Massa pada Ion Logam Besi | 27 |
| Gambar 4. 4 Grafik Optimasi Pengaruh Konsentrasi pada Ion Logam Besi | 27 |
| Gambar 4. 5 Kurva Isoterm Langmuir untuk Ion Logam Besi | 28 |
| Gambar 4. 6 Kurva Isoterm Freundlich untuk Ion Logam Besi..... | 28 |
| Gambar 4. 7 Grafik Optimasi Pengaruh pH pada Ion Logam Besi..... | 30 |
| Gambar 4. 8 Grafik Optimasi Pengaruh Waktu pada Ion Logam Kadmium..... | 31 |
| Gambar 4. 9 Grafik Optimasi Pengaruh Massa pada Ion Logam Kadmium | 31 |
| Gambar 4. 10 Grafik Optimasi Pengaruh Konsentrasi pada Ion Logam Kadmium | 32 |
| Gambar 4. 11 Kurva Isoterm Langmuir untuk Ion Logam Kadmium | 33 |
| Gambar 4. 12 Kurva Isoterm Freundlich untuk Ion Logam Kadmium..... | 33 |
| Gambar 4. 13 Grafik Optimasi Pengaruh pH pada Ion Logam Krom | 34 |
| Gambar 4. 14 Grafik Optimasi Pengaruh Waktu pada Ion Logam Krom..... | 35 |
| Gambar 4. 15 Grafik Optimasi Pengaruh Massa pada Ion Logam Krom..... | 35 |
| Gambar 4. 16 Grafik Optimasi Pengaruh Konsentrasi pada Ion Logam Krom..... | 36 |
| Gambar 4. 17 Kurva Isoterm Langmuir untuk Ion Logam Krom..... | 37 |
| Gambar 4. 18 Kurva Isoterm Freundlich untuk Ion Logam Krom | 37 |
| Gambar 4. 19 Grafik Optimasi Pengaruh pH pada Ion Logam Tembaga..... | 38 |
| Gambar 4. 20 Grafik Optimasi Pengaruh Waktu pada Ion Logam Tembaga | 39 |
| Gambar 4. 21 Grafik Optimasi Pengaruh Massa pada Ion Logam Tembaga | 40 |
| Gambar 4. 22 Grafik Optimasi Pengaruh Konsentrasi pada Ion Logam Tembaga | 40 |
| Gambar 4. 23 Kurva Isoterm Langmuir untuk Ion Logam Tembaga | 41 |

| | |
|---|----|
| Gambar 4. 24 Kurva Isoterm Freundlich untuk Ion Logam Tembaga | 41 |
| Gambar 4. 25 Grafik Optimasi Pengaruh pH pada Ion Logam Timbal | 42 |
| Gambar 4. 26 Grafik Optimasi Pengaruh Waktu pada Ion Logam Timbal | 43 |
| Gambar 4. 27 Grafik Optimasi Pengaruh Massa pada Ion Logam Timbal | 44 |
| Gambar 4. 28 Grafik Optimasi Pengaruh Konsentrasi pada Ion Logam Timbal | 44 |
| Gambar 4. 29 Kurva Isoterm Langmuir untuk Ion Logam Timbal | 45 |
| Gambar 4. 30 Kurva Isoterm Freundlich untuk Ion Logam Timbal | 45 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 3. 1 Campuran Asam Basa untuk Larutan Buffer | 19 |
| Tabel 4. 1 Nilai Koefisien Determinasi, <i>Slope</i> dan <i>Intercept</i> Kurva Isoterm Langmuir dan Freundlich Adsorpsi Ion Logam Besi | 29 |
| Tabel 4. 2 Nilai Koefisien Determinasi, <i>Slope</i> dan <i>Intercept</i> Kurva Isoterm Langmuir dan Freundlich Adsorpsi Ion Logam Kadmium | 33 |
| Tabel 4. 3 Nilai Koefisien Determinasi, <i>Slope</i> dan <i>Intercept</i> Kurva Isoterm Langmuir dan Freundlich Adsorpsi Ion Logam Krom..... | 37 |
| Tabel 4. 4 Nilai Koefisien Determinasi, <i>Slope</i> dan <i>Intercept</i> Kurva Isoterm Langmuir dan Freundlich Adsorpsi Ion Logam Tembaga | 42 |
| Tabel 4. 5 Nilai Koefisien Determinasi, <i>Slope</i> dan <i>Intercept</i> Kurva Isoterm Langmuir dan Freundlich Adsorpsi Ion Logam Timbal..... | 46 |

DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

| | |
|--------|---|
| Fe-KS | Adsorben kitosan-silika untuk logam besi |
| Fe-KSD | Adsorben kitosan-silika ditizon untuk logam besi |
| Cd-KS | Adsorben kitosan-silika untuk logam kadmium |
| Cd-KSD | Adsorben kitosan-silika ditizon untuk logam kadmium |
| Cr-KS | Adsorben kitosan-silika untuk logam krom |
| Cr-KSD | Adsorben kitosan-silika ditizon untuk logam krom |
| Cu-KS | Adsorben kitosan-silika untuk logam tembaga |
| Cu-KSD | Adsorben kitosan-silika ditizon untuk logam tembaga |
| Pb-KS | Adsorben kitosan-silika untuk logam timbal |
| Pb-KSD | Adsorben kitosan-silika ditizon untuk logam timbal |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---|----|
| Lampiran 1. Perhitungan Pengujian Adsorpsi Logam Fe Oleh Kitosan Silika Dan Kitosan Silika Ditizon..... | 52 |
| Lampiran 2. Perhitungan Pengujian Adsorpsi Logam Cd Oleh Kitosan Silika Dan Kitosan Silika Ditizon..... | 61 |
| Lampiran 3. Perhitungan Pengujian Adsorpsi Logam Cr Oleh Kitosan Silika Dan Kitosan Silika Ditizon..... | 70 |
| Lampiran 4. Perhitungan Pengujian Adsorpsi Logam Cu Oleh Kitosan Silika Dan Kitosan Silika Ditizon..... | 79 |
| Lampiran 5. Perhitungan Pengujian Adsorpsi Logam Pb Oleh Kitosan Silika Dan Kitosan Silika Ditizon..... | 87 |

STUDI ADSORPSI LOGAM BERAT PADA ADSORBEN KITOSAN SILIKA – KITOSAN SILIKA DITIZON

Anisah Asma Nadia
17231067
Program Studi D III Analisis Kimia
Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliuran KM 14,5 Yogyakarta 55584
Email: 17231067@students.uui.ac.id

INTISARI

Studi adsorpsi logam berat pada adsorben kitosan silika dan kitosan silika ditizon telah dilakukan dengan metode spektrofotometri serapan atom. Studi Adsorpsi dilakukan untuk ion logam besi (Fe), cadmium (Cd), krom (Cr), tembaga (Cu) dan timbal (Pb) dengan variasi pH, waktu, massa dan konsentrasi. Berdasarkan data penelitian hasil kondisi optimum untuk ke 4 variasi kondisi yaitu Fe-KS pada pH 3, waktu 7 menit, massa kitosan 0,05 gram dan konsentrasi pada 50 ppm. Fe-KSD optimum pada pH 4, waktu 7 menit, massa kitosan 0,05 gram dan konsentrasi pada 50 ppm. Cd-KS optimum pada pH 4, waktu 7 menit, massa kitosan 0,05 gram dan konsentrasi pada 50 ppm. Cd-KSD optimum pada pH 6, waktu 5 menit, massa kitosan 0,05 gram dan konsentrasi pada 20 ppm. Cr-KS optimum pada pH 3, waktu 6 menit, massa kitosan 0,05 gram dan konsentrasi pada 50, Cr-KSD optimum pada pH 8, waktu 5 menit, massa kitosan 0,05 gram dan konsentrasi pada 50 ppm. Cu-KS optimum pada pH 3, waktu 6 menit, massa kitosan 0,05 gram dan konsentrasi pada 50 ppm. Cu-KSD optimum pada pH 6, waktu 7 menit, massa kitosan 0,05 gram dan konsentrasi pada 50 ppm. Pb-KS optimum pada pH 3, waktu 1 menit, massa kitosan 0,05 gram dan konsentrasi pada 50 ppm. Pb-KSD optimum pada pH 3, waktu 7 menit, massa kitosan 0,05 gram dan konsentrasi pada 50 ppm. Studi isoterm adsorpsi logam Cd dalam permukaan kitosan silika ditizon mengikuti model Langmuir dengan model matematis $C_e/(x/m) = 0,0051 C_e - 0,0004$, logam Cr dalam permukaan kitosan silika mengikuti model Freundlich dengan model matematis $\log (x/m) = 0,3787 C_e + 2.1136$ dan logam Cu dalam permukaan kitosan silika ditizon mengikuti model Freundlich dengan model matematis $\log (x/m) = -1,0112 C_e + 4,8079$.

Kata kunci: kitosan, ditizon, adsorpsi, isoterm adsorpsi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan luas perairan lebih besar dari pada luas daratan. Luas lautan Indonesia diperkirakan mencapai 3,25 juta km² sedangkan luas daratan Indonesia mencapai 2,55 juta km² (Kementrian kelautan dan perikanan, 2017). Potensi hasil perairan Indonesia dapat menjadi sumber kehidupan bagi masyarakat. Seiring dengan berkembangnya IPTEK di Indonesia, pencemaran perairan Indonesia semakin meningkat salah satunya pencemaran logam berat. Keberadaan logam berat diperairan dapat mengancam kualitas potensi hasil perairan, berbahaya bagi lingkungan serta bagi manusia.

Menurut Rochyatun (2007) pencemar logam terbesar di sekitar teluk Jakarta yaitu logam timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), seng (Zn) dan nikel (Ni). Selain itu, Menurut Arbi dkk (2018) di perairan Padang logam besi (Fe) juga banyak tersebar di perairan. Pencemaran logam berat tersebut sebagian besar disebabkan oleh limbah industri.

Upaya untuk menghilangkan atau menurunkan konsentrasi logam berat di perairan sangat dibutuhkan. Cara yang sudah banyak dikembangkan untuk mengurangi kandungan logam berat adalah mengadsorpsi logam atau ion logam dengan menggunakan adsorben misalnya bentonit, zeolit ataupun kitosan (Laksono, 2019). Adsorpsi logam dengan kitosan dapat mengurangi jumlah logam berat di perairan, selain itu juga dapat dijadikan sebagai sumber informasi banyaknya kandungan logam berat yang terdapat di perairan.

Kitosan merupakan salah satu jenis polimer alam turunan kitin yang keberadaannya paling banyak di bumi setelah selulosa, bersifat hidrofobik serta dapat membentuk film dan adsorben dengan baik (Dallan dkk, 2006). Kitosan mengandung gugus amina (-NH₂) dan hidroksil (OH⁻), yang menjadikannya bersifat polielektrolit sehingga dapat digunakan sebagai adsorben untuk mengikat logam berat (Andini, 2014). Untuk meningkatkan daya jerap kitosan terhadap logam berat, kitosan dimodifikasi dalam bentuk adsorben (Sulistiyawati dkk, 2018).

Pembuatan adsorben kitosan dalam penelitian ini dilakukan dengan beberapa modifikasi. Penambahan campuran silika pada adsorben bertujuan untuk meningkatkan stabilitas adsorben dan pori-pori adsorben kitosan. Selain itu, menurut Nur dkk (2017) penambahan silika pada adsorben kitosan ini dapat menjadi alternatif dalam pembuatan sensor optik. Menurut Rohyami (2013) modifikasi adsorben dapat dilakukan dengan menggunakan ligan organik, salah satunya ditizon. Ligan organik dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi dan selektifitas pemisahan.

Adsorben kitosan dapat digunakan untuk mengurangi ion logam dalam perairan dengan proses adsorpsi. Menurut Laksono, dkk (2019) proses adsorpsi merupakan proses yang kompleks, terdiri dari pertukaran ion sederhana dengan beberapa mineral. Beberapa faktor seperti pH, sifat konsentrasi substrat, ion teradsorpsi, kekuatan ion dan kehadiran ion pengompleks merupakan faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi. Perlu adanya optimasi terhadap faktor-faktor tersebut. Studi ini bertujuan untuk mengetahui optimasi pH, waktu, massa dan konsentrasi optimum dalam pembuatan adsorben kitosan-silika dan kitosan-silika terimobilisasi ditizon.

Analisis kapasitas adsorpsi adsorben kitosan-silika dan kitosan-silika terimobilisasi ditizon terhadap logam besi, cadmium, krom, tembaga dan timbal dilakukan dengan menggunakan instrumen spektrofotometri serapan atom (SSA). Pemilihan SSA dilakukan karena proses analisis yang cepat, membutuhkan sedikit sampel dan pembacaannya yang sensitif terhadap ke-5 logam berat diatas. Larutan logam berat dibuat dalam bentuk *artificial*. Hasil kapasitas adsorpsi yang telah diketahui nantinya dapat dijadikan sebagai acuan untuk pembuatan sensor optik pendeteksi logam berat.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimanakah kondisi pH, waktu, massa kitosan dan konsentrasi optimum yang dapat menghasilkan kapasitas adsorpsi pada adsorben kitosan-silika dan kitosan-silika terimobilisasi ditizon terhadap logam berat besi (Fe), kadmium (Cd), krom (Cr), tembaga (Cu) dan timbal (Pb)?

2. Apakah proses adsorpsi logam besi (Fe), kadmium (Cd), krom (Cr), tembaga (Cu) dan timbal (Pb) pada adsorbene kitosan-silika dan kitosan-silika terimobilisasi ditizon mengikuti model isoterm adsorpsi Langmuir maupun freundlich?

1.3 Tujuan

1. Dapat mengetahui kondisi pH, waktu, massa kitosan dan konsentrasi optimum yang dapat menghasilkan kapasitas adsorpsi pada adsorben kitosan-silika dan kitosan-silika terimobilisasi ditizon terhadap logam berat besi (Fe), kadmium (Cd), krom (Cr), tembaga (Cu) dan timbal (Pb)
2. Mengetahui model isoterm adsorpsi logam besi (Fe), kadmium (Cd), krom (Cr), tembaga (Cu) dan timbal (Pb) pada adsorben kitosan-silika dan kitosan-silika terimobilisasi ditizon secara Langmuir ataupun freundlich

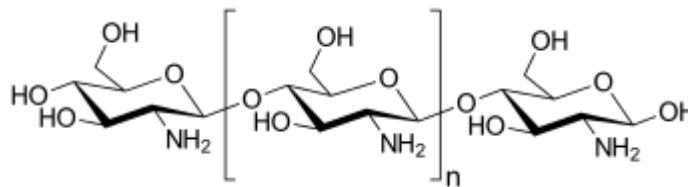
1.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi tentang optimasi faktor-faktor kondisi yang dapat mempengaruhi kapasitas adsorpsi adsorben kitosan-silika dan kitosan-silika ditizon terhadap logam besi (Fe), kadmium (Cd), krom (Cr), tembaga (Cu) dan Pb dengan spektrofotometer serapan atom.
2. Data penelitian ini selanjutnya dapat dijadikan sebagai acuan untuk pembuatan sensor optik pendeteksi logam dari adsorben kitosan-silika guna mengurangi vevaran logam di perairan.

BAB II DASAR TEORI

3.1 Kitosan

Kitosan merupakan senyawa biomakromolekul turunan dari kitin yang merupakan biopolimer alami kedua terbanyak di alam setelah selulosa yang dapat tersedia pada cangkang kepiting, kulit udang dan cangkang serangga. Kitosan (2-asetamidadeoksi- β -D-glukosa) memiliki gugus asam amino dan gugus hidroksil yang menyebabkan kitosan memiliki reaktifitas kimia yang tinggi sehingga menyebabkan sifat polielektrolit kation dan dapat berperan sebagai penukar ion sehingga kitosan dapat digunakan sbagai pengikat atau absorben logam-logam berat (Nugroho dkk, 2011).



Gambar 2. 1 Struktur Kitosan (Nugroho dkk, 2011)

Kitosan merupakan produk biologis yang bersifat kationik, nontoksik, *biodegradable* dan biokompatibel. Kitosan memiliki gugus amino (-NH₂) yang relatif lebih banyak dibandingkan kitin sehingga lebih nukleofilik dan bersifat basa. Kristalinitas kitosan yang disebabkan oleh ikatan hidrogen intermolekuler maupun intramolekuler lebih rendah dibandingkan kitin sehingga lebih mudah diaplikasikan dalam beberapa reagen. Kitosan tidak larut dalam air dan beberapa pelarut organik dan piridin. Kitosan larut dalam asam organik atau mineral encer melalui protonasi gugus amino bebas (-NH₂) menjadi (-NH₃) pada pH kurang dari 6,5. Pelarut yang baik untuk kitosan adalah asam format, asam asetat dan asam glutamat. Kelarutan kitosan menurun dengan bertambahnya berat molekul kitosan (Wiyarsi dan Erfan, 2009). Kitosan juga memiliki gugus polar dan non polar yang dapat menjadikannya sebagai bahan pengental atau pembentuk gel yang sangat baik, sebagai pengikat, penstabil dan pembentuk tekstur (Wirongrong dkk, 2011).

Aplikasi kitosan telah digunakan secara luas. Kitosan mempunyai kemampuan untuk membentuk film, gel dan fiber karena berat molekulnya yang tinggi dan solubilitasnya dalam larutan asam encer (Vipin dkk, 2011). Sifat polikationik kitosan menjadi dasar pemanfaatan kitosan dalam berbagai bidang. Kitosan dimanfaatkan dalam bidang pertanian karena sifatnya yang *biodegradable*. Tanaman yang diperlakukan dengan kitosan memiliki ketahanan yang baik terhadap serangan jamur. Aplikasi lain dalam bidang kesehatan, kitosan bermanfaat dalam program diet karena kemampuannya menurunkan jumlah kolesterol, antikoagulan dalam darah serta digunakan sebagai agen antibakteri. Bidang bioteknologi memanfaatkan kitosan sebagai zat yang berperan dalam imobilisasi enzim, pemisahan protein dan regenerasi sel. Industri makanan memanfaatkan kitosan sebagai antioksidan, pengawet alami, penyerap zat warna dan pengemulsi. Kitosan juga dimanfaatkan sebagai adsorben atau pengkhelat logam (Wiyarsi dan Erfan, 2009).

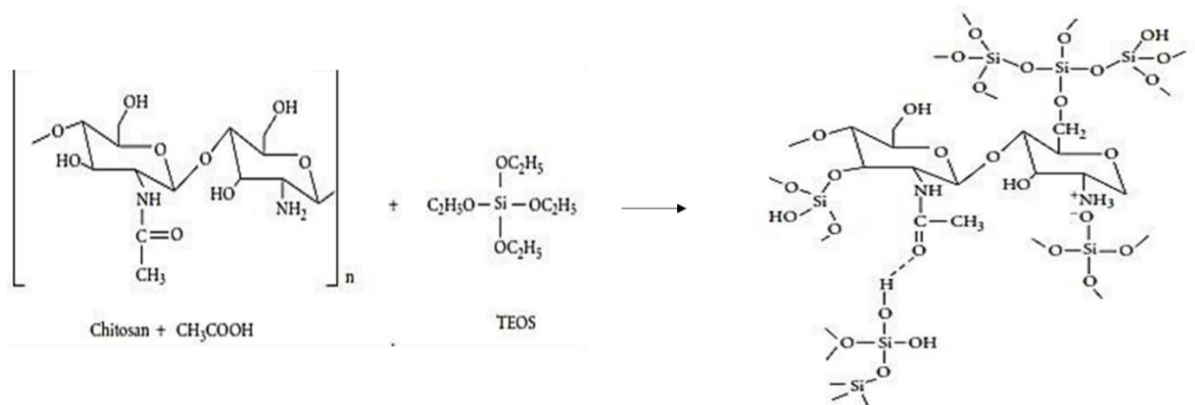
Penelitian tentang aplikasi kitosan sebagai pengikat logam-logam berat telah banyak dilaporkan. Dewa, (2012) telah melaporkan aplikasi adsorpsi kitosan terhadap logam Cu(II). Asni dkk, (2014) melaporkan penggunaan kitosan untuk adsorpsi logam Pb (II). Firdaus (2013) juga melaporkan bahwa kitosan dapat digunakan sebagai adsorben alami untuk logam Fe dan Zn, sedangkan Umaningrum, dkk (2010) menggunakan kitosan sebagai pengadsorpsi logam Pb (II), Cd (II) dan Cr (III).

Salah satu modifikasi aplikasi kitosan adalah menjadikannya sebagai adsorben. Modifikasi kitosan menjadi adsorben menjadikan kitosan sebagai agen pengompleks logam berat yang baik (Nugroho dkk, 2011). Adsorben kitosan tanpa tambahan bahan tambahan lain cenderung tipis dan mudah rapuh. Adsorben yang terbuat dari campuran kitosan-silika dapat menjadi alternatif dalam pembuatan sensor optik. Biokompatibilitas yang rapuh dan rendah pada karakteristik silika dapat diselesaikan dengan mencampurkan silika dengan kitosan. Selain itu, silika juga dapat meningkatkan stabilitas pori adsorben kitosan (Nur dkk, 2016).

3.2 Silika

Silika adalah kuarsa (quartz) yang terdapat pada sebagian besar batu-batuan sedimen alam dari batuan metamorfik. Silika berbentuk padatan dengan titik leleh sebesar 1600 °C dan mendidih pada 2230 °C. Modifikasi kristalin silika berupa senyawa polimerik tiga dimensi dengan jaringan ikatan kovalen Si-O membentuk suatu molekul besar, jaringan tersebut mengandung spesies penghubung berbentuk tetrahedral SiO₄, dengan tiap atom Si diikat oleh empat atom O dan tiap atom O diikat oleh dua atom Si (Rapierna, 2012).

Silika mempunyai kelebihan diantaranya, secara kimia bersifat inert hidrofobik. Selain itu, silika juga menunjukkan kekuatan mekanik dan stabilitas termal yang tinggi dan tidak mengembang dalam pelarut organik (Bhatia dkk, 2000). Menurut Ardana (2013) silika telah dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi. Silika telah diaplikasikan dalam industri ban, karet, gelas, semen, beton, keramik, tekstil, kertas, kosmetik, cat, film dan industri lainnya. Pemanfaatan lain silika juga digunakan sebagai adsorben logam berat. Hal tersebut didasarkan pada sifat unggul silika yang biokompatibel, stabilitas mekanik dan adsorpsi.

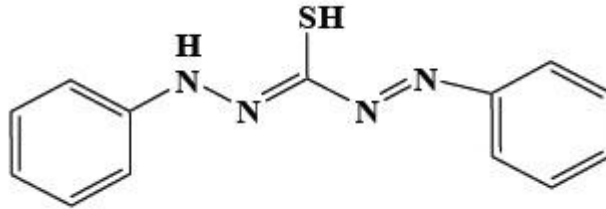


Gambar 2. 2 Model Struktur Skematik Kitosan Silika (Nur dkk, 2017)

3.3 Ditizon

Ditizon adalah salah satu reagen yang digunakan untuk analisis dari beberapa ion logam. Ditizon dapat bereaksi dengan beberapa logam dan kemudian membentuk kompleks logam tertentu (Nur dkk, 2017). Ditizon (1,5-difenilkarbazon) merupakan salah satu ligan organik yang banyak digunakan karena mempunyai atom S dan N pada gugus -S-H dan -N-H yang berperan

sebagai donor pasangan elektron untuk membentuk khelat dengan adsorben (Allen dkk, 2014).



Gambar 2. 3 Struktur Senyawa Ditizon (NEUROtiker, 2008)

Modifikasi kitosan yang dilakukan oleh ketkangplu dkk (2005) ialah prekonsentrasi logam Cu(II), Cd(II) dan Pb(II) menggunakan adsorben kitosan dengan penambahan ditizon. Kitosan yang memiliki gugus aktif amina (-NH₂) ditambahkan dengan ditizon agar kemampuan adsorpsi dan kestabilannya menjadi semakin baik. Peningkatan kemampuan penyerapan logam diperkirakan terjadi karena adanya penambahan gugus aktif baru pada kitosan yang telah diimobilisasi menggunakan ditizon (Allen dkk, 2014).

Imobilisasi antara kitosan dan ditizon merupakan salah satu cara untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi dari kitosan terhadap logam Pb(II). Proses imobilisasi adsorben kitosan dengan ditizon bertujuan untuk menambahkan gugus aktif pada kitosan sehingga dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi terhadap logam Pb(II). Selain itu, proses imobilisasi ditizon pada kitosan juga dapat meningkatkan kestabilan kitosan terhadap asam sehingga saat adsorben digunakan untuk mengadsorpsi Pb(II) adsorben bersifat stabil (Allen dkk, 2014).

3.4 Adsorpsi

Adsorpsi adalah serangkaian proses yang terdiri dari reaksi permukaan zat padat (adsorben) dengan melibatkan pencemar (adsorbat), baik dalam keadaan fase cair maupun gas. Proses adsorpsi terjadi disebabkan oleh tarikan antar adsorbat dan permukaan adsorben dimana menggunakan media yang tidak mudah larut untuk menghilangkan ion positif atau negatif dari larutan elektrolit dan melepaskan ion-ion yang bermuatan sejenis dalam larutan tersebut (Kasmadi,

2002). Proses adsorpsi merupakan proses yang kompleks, sering terjadi sejumlah pertukaran ion sederhana dengan beberapa mineral. Beberapa faktor seperti pH, sifat dan konsentrasi substrat dari ion-ion teradsorpsi, kekuatan ion dan kehadiran ion pengompleks merupakan faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi (Laksono, 2009)

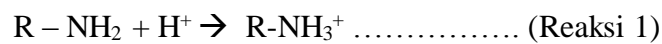
Ada dua tipe adsorpsi, yaitu adsorpsi fisika dan kimia. Adsorpsi fisika terjadi akibat adanya gaya *Van der Waals* dan gaya elektrostatik antara molekul adsorbat dan atom penyusun adsorben. Adsorpsi kimia terjadi dari hasil interaksi kimia antara permukaan adsorben dan adsorbat. Penjerapan ini bersifat reversibel, yang berarti atom-atom atau ion-ion yang sudah terikat dapat dilepaskan kembali dengan bantuan pelarut yang memiliki sifat sama dengan atom yang diikat. Penjerapan secara kimia terjadi bila antara kedua zat terjadi reaksi kimia membentuk senyawa baru pada permukaan adsorben. Ikatan yang terjadi lebih kuat dan bersifat reversibel, karena pada pembentukannya diperlukan energi yang besarnya relatif sama dengan energi pada pembentukannya.

Teori-teori adsorpsi zat padat diantaranya sebagai berikut:

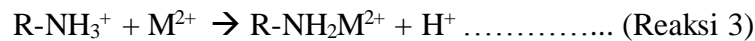
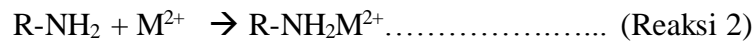
- a. adsorpsi bersifat selektif, artinya suatu adsorben dapat menyerap suatu zat dengan kapasitas tapi pada saat yang sama adsorben tersebut tidak menyerap zat-zat tertentu lainnya.
- b. kecepatan adsorpsi berkurang dengan semakin banyaknya zat yang diserap.
- c. jumlah zat yang diserap tergantung temperatur, semakin jauh jarak antara temperatur penyerapan dan temperatur kritis, maka semakin sedikit jumlah zat yang diserap (Wiyarsi dan Erfan, 2009).

Proses adsorpsi dipengaruhi oleh luas permukaan adsorben, semakin poros adsorben, maka daya adsorpsinya semakin besar. Adsorben padat yang baik ialah yang memiliki porositas tinggi dan permukaan yang sangat luas sehingga adsorpsi terjadi pada banyak tempat. Pengaruh konsentrasi dan luas permukaan juga berpengaruh dalam proses adsorpsi, semakin besar konsentrasi adsorbat maka semakin banyak adsorbat yang teradsorpsi dan semakin besar luas permukaan adsorben, maka adsorpsinya juga semakin besar (Wiyarsi dan Erfan, 2009).

Mekanisme adsorpsi kitosan terhadap logam menurut Li jin dan Renbi Bai (2002) ialah dengan proses pembentukan senyawa kompleks. Situs aktif pada kitosan diperankan oleh atom N dari gugus aamina (-NH₂) dan atom O dari gugus hidroksi (-OH). Kedua atom tersebut mempunyai elektron bebas yang dapat mengikat proton atau ion logam membentuk suatu kompleks. Antaraksi pasangan elektron bebas pada atom O lebih kuat daripada antaraksi pasangan elektron bebas pada atom N sehingga atom N cenderung mudah menyumbangkan pasangan elektron bebas daripada atom O. pasangan elektron bebas dari atom N ini, selanjutnya akan berikatan dengan ion logam, seperti reaksi berikut :



Reaksi (1) menunjukkan terjadinya protonasi dan deprotonasi gugus amino dalam kitosan. Saat kitosan ditambahkan dalam larutan ion logam kemungkinan akan terjadi reaksi seperti berikut:



R adalah komponen selain gugus -NH₂ dalam kitosan dan M adalah logam. Ketika reaksi (2) berlangsung, elektron bebas dari atom N berinteraksi dengan ion logam. Reaksi (3) mempunyai mekanisme yang sama dengan reaksi (2), meskipun gugus NH₂-kitosan sudah berubah menjadi bermuatan positif akibat menerima ion H⁺ dari lingkungan. Interaksi antara ion logam dengan atom N pada reaksi (2) lebih kuat daripada ikatan antara ion H⁺ dengan atom N pada reaksi (3) (protonasi gugus amino). Hal ini disebabkan kekuatan interaksi elektrostatis antara pasangan elektron bebas dari atom N dengan ion logam polivalen lebih kuat daripada interaksi elektrostatis antara pasangan elektron bebas dari atom N dengan proton monovalen (H⁺) (Laksono, 2009).

Kondisi optimum dari berbagai variasi pengujian seperti pH, waktu, massa kitosan dan konsentrasi ditentukan oleh kapasitas adsorpsi maksimum.

$$q_m = \frac{(C_0 - C_e) \times V}{m} \times \frac{x}{m} \text{ (Persamaan 1)}$$

Dengan q_m sebagai kapasitas adsorpsi maksimum, C₀ adalah konsentrasi mula-mula, C_e adalah konsentrasi akhir, V adalah volume total dan m adalah massa kitosan (Tanasale dkk, 2012).

Beberapa hasil optimasi pH optimum pada proses adsorpsi logam berat oleh kitosan telah dilaporkan pada berbagai *paper*. Logam timbal (Pb) teradsorpsi optimum oleh kitosan pada pH 6 (Allen dkk, 2014). Logam besi (Fe) teradsorpsi optimum oleh kitosan pada pH 5 (Laksono, 2006). Logam krom (Cr) teradsorpsi optimum oleh kitosan pada pH 2 (Sulaiman, 2013). Logam tembaga teradsorpsi optimum oleh kitosan pada pH 5 (Fadilah dkk, 2017) dan Logam kadmium (Cd) teradsorpsi optimum oleh kitosan pada pH 5 (Utami dkk, 2015).

Optimasi waktu adsorpsi kitosan terhadap logam juga sudah banyak diteliti. Hastuti (2011) melaporkan waktu kontak optimum adsorpsi kitosan terhadap logam krom (Cr) adalah 30 menit. Laporan lain menyebutkan waktu kontak optimum adsorpsi kitosan terhadap logam kadmium (Cd) yaitu 45 menit (Utami dkk, 2015). Adsorpsi kitosan terhadap logam timbal (Pb) dilaporkan oleh Asni dkk, (2014) optimum pada waktu kontak selama 30 menit. Manalu, dkk (2019) melaporkan waktu kontak optimum kitosan untuk mengadsorpsi logam besi (Fe) yaitu selama 90 menit. Logam tembaga (Cu) teradsorpsi optimum oleh kitosan pada waktu kontak 30 menit (Aritonang dkk, 2016).

3.5 Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi merupakan pengukuran yang dilakukan pada suhu tetap dan hasil pengukuran digambarkan dalam grafik. Percobaan paling umum contohnya adalah penentuan hubungan jumlah gas teradsorpsi (pada adsorben) dan tekanan gas.

3.3.1 Isoterm Adsorpsi Langmuir

Isoterm adsorpsi Langmuir menggambarkan hubungan antara zat yang teradsorpsi dengan konsentrasi pada keadaan kesetimbang dan temperatur yang tetap dan adsorpsi yang terjadi pada permukaan *monolayer*. Model ini mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (*monolayer*) adsorbat dipermukaan adsorben. Isoterm adsorpsi langmuir terjadi pada adsorben yang bersifat homogen dan panas adsorpsi tidak bergantung pada luas permukaan yang ditutupi adsorbat.

Persamaan Langmuir ditulis sebagai berikut :

$$\frac{X_m}{m} = \frac{a \cdot c}{1 + b \cdot c} \text{ (Persamaan 2)}$$

$$\frac{mc}{X_m} = \frac{1}{a} + \frac{b}{a} \times c \text{ (Persamaan 3)}$$

Kurva mc / X_m terhadap C diinterpolasikan dan memperoleh persamaan linear dengan intersep $1/a$ dan kemiringan (b/a) , sehingga nilai a dan b dapat dihitung. Besar nilai a dan b dapat menunjukkan daya adsorpsi (Handayani dkk, 2009).

3.3.2 Isoterm Adsorpsi Freundlich

Freundlich menjelaskan salah satu pendekatan isotherm adsorpsi, dimana jika y adalah berat zat terlarut per gram adsorben dan c adalah konsentrasi zat terlarut dalam larutan. Persamaan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{X_m}{m} = k \cdot C^{\frac{1}{n}} \text{ (Persamaan 4)}$$

$$\text{Log } \frac{X_m}{m} = \text{Log } k + \frac{1}{n} \cdot \text{Log } C \text{ (Persamaan 5)}$$

X_m = berat zat yang diadsorpsi

m = berat adsorben (kitosan)

C = konsentrasi zat (logam)

Kemudian k dan n adalah konstanta adsorpsi yang nilainya bergantung pada jenis adsorben dan suhu adsorpsi. Apabila dibuat kurva $\log (X_m / m)$ terhadap $\log C$ akan diperoleh persamaan linear dengan intersep $\log k$ dan kemiringan $1/n$. sehingga nilai k dan n dapat dihitung (Handayani dkk, 2009).

Isoterm adsorpsi Freundlich berbeda dengan isoterm adsorpsi Langmuir, dimana pada isotherm adsorpsi Freundlich gaya yang terjadi antara adsorbat dengan permukaan adsorben merupakan gaya *Van der Waals*, sehingga adsorpsi yang terjadi pada isotherm Freundlich merupakan adsorpsi fisika, sedangkan pada isotherm Langmuir ikatan yang terjadi antara adsorbat dengan permukaan adsorben merupakan ikatan kimia, sehingga adsorpsi yang terjadi pada isotherm adsorpsi Langmuir merupakan adsorpsi kimia (Mahendra, 2007).

3.6 Logam Berat

3.6.1 Besi (Fe)

Besi merupakan logam yang berasal dari bijih besi. Besi memiliki lambang Fe dan nomor atom 26 serta berat atom 55,933 g/mol. Ion besi(III) dalam air membentuk kompleks $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$, besi (III) lebih stabil dibandingkan dengan besi (II). Kadar besi yang tinggi dalam air dapat menyebabkan beberapa gangguan pada syaraf perasa (Prambaningrum dkk, 2009).

Menurut Prambaningrum dkk, (2009) dalam jurnal kimia sains dan aplikasinya, Robert, (1992) mengatakan bahwa Ion Fe(II) yang bersifat asam keras memiliki interaksi yang kuat dengan situs aktif kitosan ($-\text{NH}_2$ dan $-\text{OH}$) yang bersifat basa keras. Hal itu dikarenakan asam keras akan kuat berikatan dengan basa keras, sedangkan asam lunak akan kuat berikatan dengan basa lunak.

3.6.2 Kadmium (Cd)

Teori dalam jurnal Istarani dkk,(2014) menyebutkan bahwa Kadmium adalah logam berwarna putih perak, lunak mengkilap, tidak larut dalam basa, mudah bereaksi serta menghasilkan kadmium oksida apabila dipanaskan. Kadmium (Cd) umumnya terdapat dalam kombinasi dengan klor (Cd Klorida) atau Belerang (Cd Sulfid). Kadmium membentuk Cd^{2+} yang bersifat tidak stabil. Kadmium (Cd) memiliki nomor atom 48, berat atom 112,4, titik leleh 321°C , titik didih 767°C dan memiliki massa jenis $8,65\text{ g/cm}^3$. Kadmium memiliki efek yang sangat unik kepada anak-anak yakni dapat membantu perkembangan otak pada anak. Namun disisi lain, kadmium memiliki efek yang tidak baik untuk manusia dewasa, diantaranya menaikkan resiko terjadinya kanker payudara, penyakit kardiovaskular atau paru-paru dan penyakit jantung.

Menurut Prambaningrum dkk, (2009) dalam jurnal kimia sains dan aplikasinya, Robert, (1992) mengatakan bahwa Ion Cd(II) yang bersifat asam lunak memiliki interaksi yang kurang kuat dengan situs aktif kitosan ($-\text{NH}_2$ dan $-\text{OH}$) yang bersifat basa keras. Hal itu dikarenakan asam keras akan kuat

berikatan dengan basa keras, sedangkan asam lunak akan kuat berikatan dengan basa keras.

3.6.3 Krom (Cr)

Wiyarsi dan Erfan, (2009) menjelaskan bahwa kromium merupakan logam berwarna abu-abu, ditambang dalam bentuk bijih kromit, tidak berbau dan mengkilat. Kelimpahannya di alam dalam bentuk oksida kromium (II) sampai Kromium (VI). Kromium (III) memiliki sifat racun yang lebih rendah dari kromium (VI). Kromium terdapat lebih banyak dalam makanan dan tumbuhan dari pada dari air dan udara yang memiliki level yang lebih rendah. Absorpsi beberapa senyawa kromium oleh tubuh dalam jumlah yang cukup banyak dapat menyebabkan pusing, haus berat, sakit perut, muntah, syok, oliguria dan uremia yang fatal.

Menurut Sugiyarto, (2000) mengatakan bahwa Ion Cr(III) tergolong sebagai asam keras, sedangkan gugus NH_2 dalam kitosan dan gugus OH merupakan basa keras, artinya secara teoritis Cr(III) mudah berikatan dengan gugus aktif kitosan karena sama-sama keras. dengan basa keras, sedangkan asam lunak akan kuat berikatan dengan basa keras.

3.6.4 Tembaga (Cu)

Tembaga (Cu) merupakan unsur logam yang memiliki bentuk padat Tembaga memiliki nomor atom 29 dan massa atom relatif 63,5 g/mol. Menurut Wiyarsi dan Erfan, (2009) efek yang diderita jika terpapar tembaga yang ikut masuk dalam air minum ialah gejala keracunan akut.

Menurut Agustina dan Yeti (2013) berdasarkan teori *hard soft acid and base* (HSAB) yang disampaikan oleh Saito bahwa amina termaksud basa keras sedangkan logam Cu^{2+} merupakan asam perbatasan (keras lunak) sehingga akan terjadi ikatan antara ligan amina dan ion logam Cu^{2+} membentuk asam basa keras. Kitosan diharapkan dapat mengadsorpsi logam Cu dengan baik.

3.6.5 Timbal (Pb)

Timbal yang juga dikenal sebagai timah hitam (Pb) merupakan logam berat yang memiliki sifat yang sangat tahan pada reaksi kimia, tahan korosi, kurang tahan terhadap asam cuka dan kapur, agak lunak serta mudah dicairkan

(Sukandarrumidi, 2018). Timbal merupakan unsur golongan IVA, periode ke 6, memiliki nomor atom 82 dan massa relatif molekul 207,2 g/mol. Kelimpahan timah hitam di alam terdapat dalam beberapa senyawa, diantaranya senyawa sulfat (PbSO_4), karbonat (PbCO_3) dan sulfida (PbS) (Suksmerri, 2008).

Asni dkk, (2014) menyatakan bahwa ikatan kimia yang terjadi antara gugus aktif amida dengan molekul PbNO_3 dapat dijelaskan sebagai perilaku interaksi asam-basa Lewis yang kemudian menghasilkan senyawa kompleks pada permukaan padatan. Proses pengikatan Pb^{2+} dari cairan PbNO_3 oleh gugus $-\text{NH}_2$ menjadi :



situs aktif pada permukaan padatan dapat disebut sebagai ligan pengikat logam secara selektif.

3.7 Spektrofotometer Serapan Atom (AAS)

Spektrofotometer serapan atom (SSA) merupakan metode analisis yang mendasari suatu penyerapan energi radiasi oleh atom-atom yang berada pada tingkat energi radiasi oleh atom-atom yang berada pada tingkat energi dasar (*ground state*). Penyerapan energi radiasi menyebabkan terjadinya pengurangan intensitas radiasi yang diberikan. Pengurangan intensitas akan sebanding dengan jumlah atom yang berada pada tingkat dasar tersebut (Riyanto, 2017).

Prinsip kerja spektrofotometer serapan atom yaitu berdasarkan absorpsi atau penyerapan energi radiasi oleh atom-atom dari sumber nyala pada panjang gelombang tertentu. Contoh uji yang mengandung unsur-unsur logam diaspirasikan pada suatu nyala, unsur tersebut kemudian akan dianalisis dalam bentuk atom bebas. Atom-atom tersebut kemudian mengabsorpsi radiasi dari sumber cahaya pada lampu katoda atau disebut *hollow catoda lamp* sesuai dengan jenis unsur yang telah ditentukan sebelum analisis dilakukan. Jumlah penyerapan radiasi selanjutnya diukur pada panjang gelombang tertentu sesuai jenis logamnya, seperti unsur logam diukur pada panjang gelombang 324,8 nm. Energi radiasi dengan panjang gelombang yang dihasilkan membentuk suatu hubungan

yang disebut dengan teori planck dengan ketetapan kecepatan cahaya sebesar 3×10^8 m/s (Riyanto, 2017).

Hukum absorpsi sinar (*Lambert-Beer*) yang berlaku pada absorpsi sinar tampak maupun sinar merah, dan sinar ultra violet, juga berlaku dengan spektrofotometer serapan atom (SSA). Spektrofotometer serapan atom didasarkan pada penyerapan energi sinar oleh atom-atom netral dan sinar yang diserap biasanya sinar tampak ultraviolet. Galib dan Rohman (2007) menyatakan bahwa garis besar pada prinsip spektrofotometer serapan atom sama dengan spektrofotometer sinar tampak dan ultraviolet. Perbedaannya terletak pada bentuk spektrum, cara pengerjaan sampel dan peralatannya. Hukum *Lambert* menyatakan apabila suatu cahaya monokromatik melewati suatu medium transparan, maka intensitas sinar yang diteruskan berkurang dengan bertambahnya ketebalan suatu medium yang mengabsorpsi. Hukum *Beer* menyatakan intensitas sinar yang diteruskan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya konsentrasi spesi yang menyerap sinar tersebut (Khopkar, 1990). Dari kedua persamaan tersebut diperoleh suatu persamaan:

$$T = \frac{I_t}{I_0} = 10^{-a.b.c} \text{ (Persamaan 6)}$$

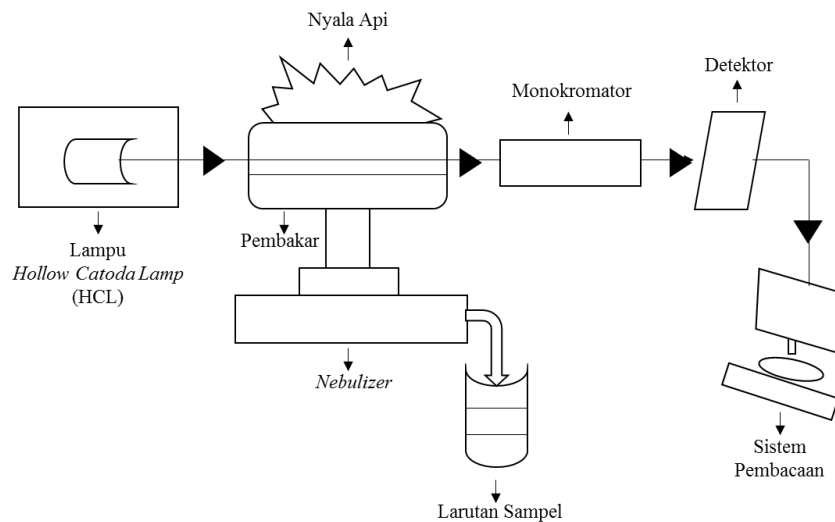
$$A = \log \frac{1}{T} = \epsilon . b . c \text{ (Persamaan 7)}$$

- I_0 = Intensitas sumber sinar
- I_t = Intensitas sinar yang diteruskan
- ϵ = Absorptivitas molar
- b = Panjang medium
- c = Konsentrasi atom-atom yang menyerap sinar
- A = Absorbansi
- T = Transmittan

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa besarnya absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi atom-atom pada tingkat tenaga dasar dalam medium nyata. Konsentrasi atom-atom dalam nyata sebanding dengan konsentrasi unsur

dalam larutan cuplikan. Hasil dari plot serapan dan konsentrasi unsur dalam larutan standar memperoleh kurva kalibrasi. Absorbansi dari suatu cuplikan pada kurva standar akan memperoleh konsentrasi dalam larutan cuplikan (Day dan Underwood, 1999).

Berdasarkan persamaan 6 dan 7, dapat disimpulkan bahwa absorbansi cahaya berbanding lurus dengan konsentrasi atom (Underwood dan Day, 2002).



Gambar 2. 4 Instumen Spektrofotometer Serapan Atom

Adapun komponen-komponen utama spektrofotometer serapan atom seperti pada Gambar 2.3 adalah sebagai berikut:

1. Sumber sinar

Sumber sinar yang paling umum digunakan untuk analisis menggunakan SSA adalah lampu katoda berongga (*hollow cathode lamp*). Lampu ini terdiri dari anoda dan katoda yang berada dalam gelas berisi gas neon atau gas argon yang bertekanan rendah. Lampu ini memiliki jendela berbentuk silinder berbahan kaca yang terbuat dari kuarsa atau silicon (Djunaedi, 2018).

2. *Burner*

Burner atau pembakar yang merupakan atomisator berfungsi untuk mengatomisasi logam-logam sehingga dapat menyerap energi radiasi yang diberikan untuk memperoleh atom-atom dalam keadaan dasar dilakukan

dengan pemanasan. Larutan cuplikan disemprotkan ke dalam nyala dengan menggunakan *nebulizer* (Djunaedi, 2018).

3. *Nebulizer*

Nebulizer berfungsi untuk mengubah larutan menjadi butir-butir kabut atau aerosol dan kemudian partikel-partikel kabut yang halus ini bersamaan dengan aliran gas bahan bakar masuk ke dalam nyala (Djunaedi, 2018).

4. Monokromator

Monokromator berfungsi untuk memisahkan dan memilih panjang gelombang yang digunakan dalam analisis. Monokromator memiliki komponen berupa *chopper* atau pemecah sinar. Monokromator dalam alat spektrofotometer serapan atom (SSA) berfungsi untuk mengisolasi atau memisahkan serta mengontrol energi yang akan diteruskan ke detektor (Anshori, 2005).

5. Detektor

Detektor dalam instrumen SSA berfungsi untuk mengolah sinyal radiasi menjadi radiasi listrik (Djunaedi,2018). Energi listrik yang dihasilkan kemudian dilanjutkan ke sistem pembacaan dalam bentuk grafik atau data hasil pembacaan spektrofotometer serapan atom (SSA).

6. Sistem perekam data

Sistem perekam data atau *Readout* merupakan suatu alat petunjuk atau dapat juga diartikan sebagai pencatat hasil. Hasil pembacaan dapat berupa angka atau berupa kurva yang menggambarkan absorbansi atau intensitas emisi (Rohman, 2007).

BAB III

METODOLOGI

3.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu neraca analitik, labu ukur 10 mL; 25 mL; 100 mL dan 1000 mL, gelas ukur 50 mL dan 100 mL, pipet ukur 1 mL; 5 mL, 10 mL dan 25 mL. gelas beaker 100 mL. 250 mL dan 500 mL kaca arloji, spatula, tabung reaksi, rak tabung reaksi, pengaduk kaca, lumping dan alu, corong gelas, propipet, magnetic stirrer, magnet, sentrifuge, botol akuades, pipet tetes dan spektrofotometri serapan atom.

3.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu *tetraethyl orthosilicate* (TEOS), etanol, akuades, asam klorida pekat (37%, 1,19 kg/L), asam asetat 2% v/v, serbuk kitosan, ditizon, natrium oksida, natrium oksalat, kalium hidrogen posfat, kalium klorida, larutan standar logam $PbNO_3$, $CdCl$, $FeCl_3$, $K_2Cr_2O_7$ dan $CuSO_4$ dalam berbagai konsentrasi variasi dan larutan penyangga pH 3-8.

3.3 Cara Kerja

3.3.1 Pembuatan Larutan

1. Pembuatan larutan HCl 0,1 M

Larutan HCl pekat (37%; 1,19 kg/L) sebanyak 0,83 mL diencerkan dalam labu ukur 100 mL kemudian diaduk hingga homogen.

2. Pembuatan larutan asam asetat 2% v/v

Larutan asam asetat glasial sebanyak 5 mL diencerkan dalam labu ukur 250 mL kemudian diaduk hingga homogen.

3. Pembuatan larutan NaOH 1%

Padatan NaOH sebanyak 1 g dilarutkan dengan akuades dan diencerkan hingga 100 mL.

4. Pembuatan larutan ditizon 0,0005 M

Serbuk ditizon sebanyak 12,8165 mg dilarutkan dalam etanol dan ditepatkan volumenya hingga 100 mL.

5. Pembuatan larutan baku $FeCl_3$

Padatan FeCl_3 sebanyak 0,4827 g dilarutkan dalam akuades dan diencerkan hingga 100 mL dan ditambahkan 10 tetes HNO_3

6. Pembuatan larutan baku $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

Padatan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ sebanyak 0,2828 g dilarutkan dalam akuades dan diencerkan hingga 100 mL.

7. Pembuatan larutan baku CuSO_4

Padatan CuSO_4 sebanyak 0,3901 g dilarutkan dalam akuades dan diencerkan hingga 100 mL.

8. Pembuatan larutan baku PbNO_3

Padatan PbNO_3 sebanyak 0,1598 g dilarutkan dalam akuades dan diencerkan hingga 100 mL.

9. Pembuatan larutan baku $\text{Cd}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2$

Padatan $\text{Cd}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2$ sebanyak 0,2376 g dilarutkan dalam akuades dan diencerkan hingga 100 mL

10. Pembuatan larutan penyangga

Larutan buffer dibuat dengan mencampurkan larutan basa atau asam dengan garamnya mengikuti tabel dibawah ini.

Tabel 3. 1 Campuran Asam Basa untuk Larutan Penyangga

| pH | Larutan 1 | Larutan 2 |
|----|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 3 | 50 mL CH_3COOH 0,2 M | 50 mL CH_3COONa 0,2 M |
| 4 | 80 mL CH_3COOH 0,2 M | 20 mL CH_3COONa 0,2 M |
| 5 | 32 mL CH_3COOH 0,2 M | 68 mL CH_3COONa 0,2 M |
| 6 | 20 mL CH_3COOH 0,2 M | 80 mL CH_3COONa 0,2 M |
| 7 | 50 mL KH_2PO_4 0,1 M | 29,1 mL NaOH 0,1 M |
| 8 | 50 mL KH_2PO_4 0,1 M | 46,1 mL NaOH 0,1 M |

3.3.2 Pembuatan Adsorben Kitosan Silika

1. Pembuatan sol silika

Larutan TEOS sebanyak 11,1 mL; akuades sebanyak 44,4 mL dan larutan HCl 0,1 M sebanyak 2,5 mL dimasukkan ke dalam gelas piala dan diaduk dengan pengaduk magnet selama 24 jam

2. Pembuatan sol kitosan

Serbuk kitosan sebanyak 4,5 g dilarutkan dalam 150 mL asam asetat 2% dan diaduk dengan pengaduk magneti selama 3 jam

3. Pembuatan adsorben kitosan-silika

Sol silika dan sol kitosan dicampurkan dengan rasio 3:1 v/v kemudian campuran diaduk selama 2 jam. Sol yang terbentuk dituang ke dalam cawan petri kemudian dikeringkan dengan suhu ruangan selama 24 jam. Adsorben yang telah mengering dilepaskan dengan perendaman menggunakan NaOH kemudian dinetralkan dalam akuades.

4. Pembuatan adsorben kitosan-silika ditizon

Adsorben kitosan-silika yang telah terbentuk direndam dalam larutan ditizon 0,0005 M selama 6 jam dan dilanjutkan dengan perendaman akuades selama 12 jam.

3.3.3 Uji optimasi adsorben kitosan-silika dan kitosan-silika ditizon dengan spektrofotometri serapan atom

1. Pengaruh pH

1) Pembuatan larutan standar

Larutan baku logam Cr, Cd, Fe, Pb dan Cu 100 mg/L sebanyak 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 dan 1 mL dipipet dengan teliti ke dalam labu ukur 10 mL dan dilarutkan dengan akuades sampai tanda batas

2) Pembuatan larutan logam pada berbagai variasi ph

Larutan baku Cr, Cd, Fe, Pb dan Cu 6 mg/L sebanyak 10 mL dibuat dengan variasi pH 1;2;3;4;5;6;7 dan 8. Larutan baku sebanyak 0,3 mL dipipet dengan teliti masing-masing logam dengan konsentrasi 100 mg/L ke dalam tabung reaksi. Masing-masing larutan ditambahkan dengan 5 mL larutan

penyangga dan 2,2 mL akuades. Masing-masing larutan diukur absorbansinya

3) Uji serapan adsorben dengan spektrofotometri serapan atom

Tabung reaksi sebanyak 25 buah masing-masing diisi dengan 5 mL larutan Cr; Cd; Fe; Pb dan Cu 6 mg/L dengan variasi pH 1;2;3;4;5;6;7 dan 8. Masing-masing ditambah dengan 0,1000 g adsorben silika kitosan, dikontakan selama 1 menit dan didiamkan selama 4 menit. Larutan dimasukan ke dalam *sentrifuge* selama 5 menit dan filtrat dianalisis dengan SSA . Kapasitas adsorpsi maksimum ditentukan dan endapan adsorben dikeringkan kemudian disimpan.

2. Pengaruh waktu

Tabung reaksi sebanyak 25 buah masing-masing diisi dengan 5 mL larutan Cr, Cd, Fe, Pb dan Cu 6 mg/L dengan variasi pH yang optimum. Masing-masing ditambahkan dengan 0,1000 g adsorben kitosan-silika dan dikontakan dengan variasi waktu 1;2;3;4;5;6 dan tujuh menit menggunakan *shaker*. Larutan di *sentrifuge* selama 5 menit dan filtrat dianalisis dengan SSA. Kapasitas adsorpsi maksimum ditentukan dan endapan adsorben dikeringkan kemudian disimpan.

3. Pengaruh massa

Tabung reaksi sebanyak 25 buah masing-masing diisi dengan 5 mL larutan Cr, Cd, Fe, Pb dan Cu 6 mg/L dengan variasi pH yang optimum. Masing-masing ditambahkan adsorben sebanyak 0,05; 0,1; 0,15; 0,2 dan 0,3 g. Larutan dikontakan selama waktu optimum menggunakan *shaker* dan dimasukan ke dalam *sentrifuge* selama 5 menit. Filtrat dianalisis dengan SSA untuk menentukan kapasitas adsorpsi maksimum dan endapan adsorben dikeringkan kemudian disimpan.

4. Pengaruh Konsentrasi

Tabung reaksi sebanyak 25 buah masing-masing diisi dengan 5 mL larutan Cr, Cd, Fe, Pb dan Cu dengan konsentrasi 10; 20; 30; 40 dan 50 mg/L pada variasi pH yang optimum. Masing-masing larutan ditambahkan adsorben sebanyak massa optimum. Larutan dikontakan selama waktu optimum

menggunakan shaker dan dimasukkan ke dalam sentrifuge selama 5 menit. Filtrat dianalisis dengan SSA dan kapasitas adsorpsi ditentukan. Endapan adsorben dikeringkan dan disimpan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Adsorpsi ion logam dipengaruhi oleh pH larutan, maka dilakukan variasi pH, maka dilakukan variasi pH. Keasaman dan kebasaan larutan mempengaruhi adsorpsi logam. Adsorpsi dilakukan dalam kondisi pH asam untuk mengetahui berapa pH optimum dari masing-masing ion logam, karena kitosan tidak dapat bereaksi dalam pH basa. Variasi pH yang diuji terdiri dari pH 3, 4, 5, 6, 7 dan 8. pH optimum ditentukan dari nilai kapasitas adsorpsi tertinggi.

Penentuan waktu kontak optimum terhadap adsorpsi logam oleh adsorben kitosan silika (KS) dan kitosan silika terimobilisasi ditizon (KSD) dilakukan dengan variasi waktu 1, 2, 3, 4, 5, 6 dan 7 menit. Tujuan penentuan waktu optimum ini ialah untuk menentukan waktu yang dibutuhkan antara adsorbat dan adsorben mencapai kesetimbangan adsorpsi. Penentuan waktu optimum dilakukan dengan melihat grafik hubungan antara waktu kontak dengan kapasitas adsorpsi. Waktu kontak optimum ditentukan dari nilai kapasitas adsorpsi tertinggi.

Massa adsorben (kitosan silika dan kitosan silika terimobilisasi ditizon) optimum perlu diuji untuk mendapatkan kapasitas adsorpsi yang maksimum. Banyaknya massa kitosan yang direaksikan mempengaruhi adsorpsi logam. Variasi massa adsorben yang diuji terdiri dari 0,05; 0,1; 0,15; 0,2 dan 0,3 gram. Penentuan massa optimum dilakukan dengan melihat grafik hubungan antara massa adsorben dengan kapasitas adsorpsi. Massa dengan kapasitas adsorpsi tertinggi merupakan massa optimum dari proses adsorpsi tersebut.

Konsentrasi optimum juga penting untuk dilakukan pengujian, karena dapat melihat seberapa baik kinerja adsorben. Variasi konsentrasi logam yang diuji terdiri dari 10, 20, 30, 40 dan 50 ppm. Secara teori semakin besar konsentrasi suatu logam dalam larutan maka semakin besar juga adsorbat yang teradsorpsi. Penentuan Konsentrasi optimum dilakukan dengan melihat grafik hubungan antara konsentrasi logam dengan kapasitas adsorpsi. Konsentrasi dengan kapasitas adsorpsi tertinggi merupakan konsentrasi optimum dari proses adsorpsi tersebut.

Uji persamaan adsorpsi *Langmuir* dan *Freundlich* dilakukan untuk mengetahui kinerja adsorben. Persamaan adsorpsi *Langmuir* diuji dengan mencari

persamaan linear antara C_e versus $C_e/(x/m)$ dimana C_e adalah konsentrasi logam dalam larutan setelah diadsorpsi sedangkan x/m adalah massa logam yang diserap adsorben. Persamaan adsorpsi *Freundlich* diuji dengan mencari persamaan linear antara $\log C_e$ versus $\log (x/m)$. Menurut Suprihatin dan Indrasti (2010), Hasil linearitas model tersebut dapat digunakan untuk mendapatkan informasi tentang kinerja adsorpsi berbagai jenis bahan terlarut maupun berbagai jenis adsorben.

Grafik linierisasi yang baik dan memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) $\geq 0,8$ menunjukkan bahwa kedua persamaan tersebut dapat digunakan untuk aplikasi adsorpsi logam oleh kitosan silika dan kitosan silika terimobilisasi ditizon. Setelah memperoleh grafik linierisasi, maka dapat ditentukan pula nilai a dan b pada persamaan adsorpsi *Langmuir* dan nilai K dan n yang merupakan konstanta adsorpsi pada persamaan adsorpsi *Freundlich*. Nilai a dan k menunjukkan kapasitas adsorpsi maksimum (mg/gram) dan b menunjukkan parameter afinitas atau konstanta *Langmuir*. Menurut Handayani dkk, (2009) Semua nilai tersebut dapat diketahui dari persamaan berikut:

1. Persamaan *Langmuir*

$$\frac{C_e}{x/m} = \frac{1}{a} C_e \text{ (Persamaan 8)}$$

2. Persamaan *Freundlich*

$$\text{Log } (x/m) = \log k + \frac{1}{n} \text{Log } C_e \text{ (Persamaan 9)}$$

Dimana:

$1/a$ = *intercept* pada kurva linierisasi *Langmuir*

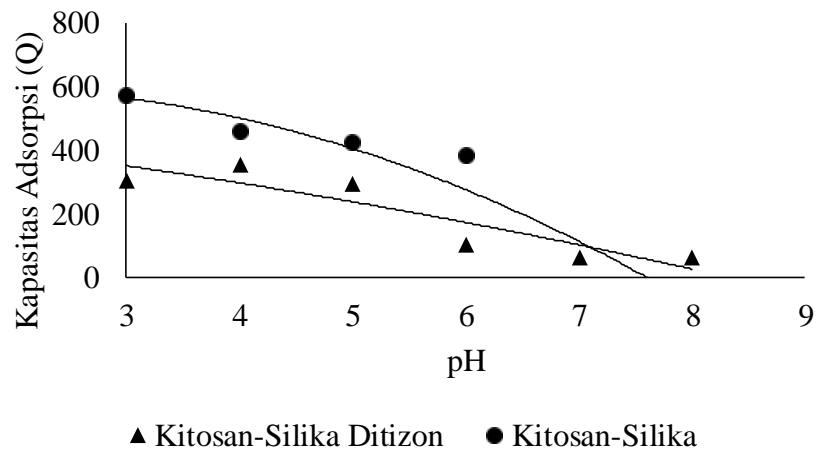
b/a = kemiringan pada kurva linierisasi *Langmuir*

$\log k$ = *intercept* pada kurva linierisasi *Freundlich*

$1/n$ = kemiringan pada kurva linierisasi *Freundlich*

4.1 Logam besi (Fe)

4.2.1 Pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi pada ion logam besi

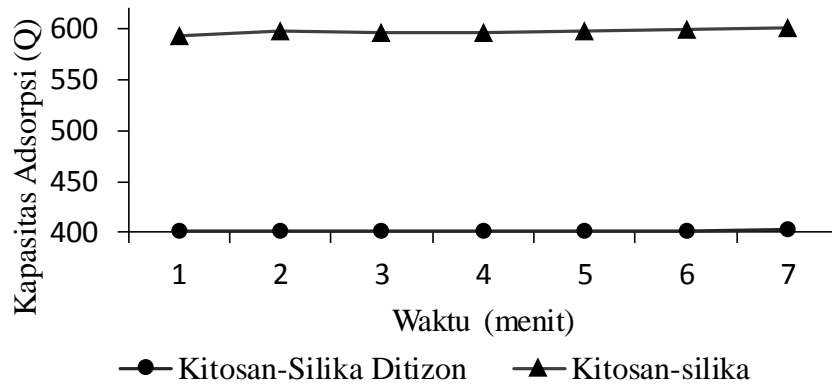


Gambar 4. 1 Grafik Optimasi Pengaruh pH pada Ion Logam Besi

Berdasarkan gambar 4.1 hasil adsorpsi optimum kitosan terhadap ion logam Fe terjadi pada pH 3 untuk kitosan silika dan pH 4 untuk kitosan silika dition. Ruswanti dan Lusiana (2007) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa ion logam Fe teradsorpsi oleh kitosan secara optimum pada pH 3. Menurutnya dalam keadaan asam, kitosan mempunyai daya reaktifitas kimia yang tinggi dan memiliki sifat polielektrolit kation sehingga dapat berperan sebagai penukar ion dan berfungsi sebagai adsorben terhadap logam berat (Ruswanti dan lusiana, 2007).

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa semakin tinggi keasaman maka kapasitas adsorpsi kitosan terhadap ion logam Fe semakin rendah. Hal tersebut dikarenakan pada pH tinggi terjadi kesetimbangan dengan ion OH^- . Menurut Prambaningrum dkk (2009), pada pH diatas 4 terjadi penurunan adsorpsi karena ion logam Fe(III) cenderung lebih tertarik pada ion hidroksida dibandingkan pada gugus amina pada kitosan, namun belum membentuk endapan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dan hanya terjadi interaksi antara ion Fe (III) dengan OH^- . Menurut laksono dkk (2009), permukaan ion logam Fe bersifat basa dan dapat mengalami pengurangan jumlah spesi ion logam sehingga ion logam fe tidak hanya diadsorpsi tetapi ada juga yang diendapkan sebagai hidroksida.

4.2.2 Pengaruh waktu terhadap kapasitas adsorpsi pada ion logam besi

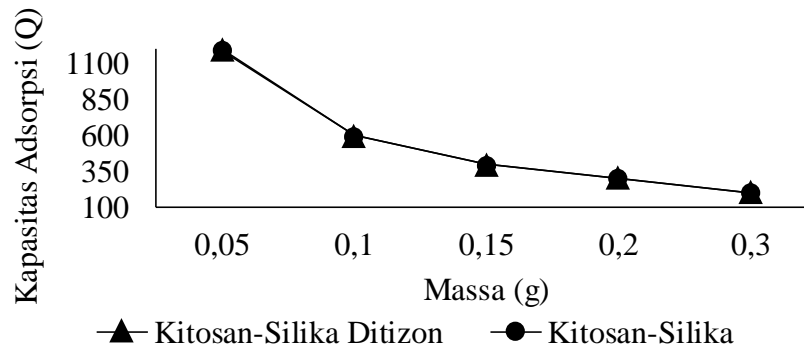


Gambar 4. 2 Grafik Optimasi Pengaruh Waktu pada Ion Logam Besi

Hubungan antara waktu kontak dengan kapasitas adsorpsi kitosan dengan logam Fe dapat dilihat pada Gambar 4.2. Kurva pada Gambar 4.2 menunjukkan waktu optimum adsorpsi logam Fe oleh kitosan silika dan kitosan silika terimobilisasi ditizon terjadi pada menit ke 7. Menurut teori, semakin lama waktu kontak memungkinkan proses difusi dan pelekatan molekul adsorbat berlangsung lebih baik (Pitriani, 2010). Teori tersebut sesuai dengan Gambar 4.2 semakin lama waktu kontak semakin besar kapasitas adsorpsi.

Adsorpsi pada waktu kontak dibawah 7 menit mengalami peningkatan kapasitas adsorpsi. Hal ini terjadi karena belum terjadinya kesetimbangan adsorpsi antara adsorbat yang diserap oleh adsorben kitosan silika dan kitosan silika terimobilisasi ditizon dengan jumlah yang tersisa di dalam larutan. Pada saat waktu kontak optimum yaitu 7 menit, telah terjadi kesetimbangan adsorpsi antara konsentrasi adsorbat yang diserap dengan yang tersisa di dalam larutan. Pengaruh imobilisasi ditizon belum terlihat pada kapasitas adsorpsi karena kapasitas adsorpsi kitosan silika terimobilisasi ditizon masih lebih kecil dari kapasitas adsorpsi kitosan silika. Kitosan silika terimobilisasi ditizon lebih stabil dibandingkan dengan kitosan silika terlihat dari nilai kapasitas adsorpsi yang stabil. Hal tersebut sesuai dengan teori bahwa ditizon membantu agar kitosan lebih stabil.

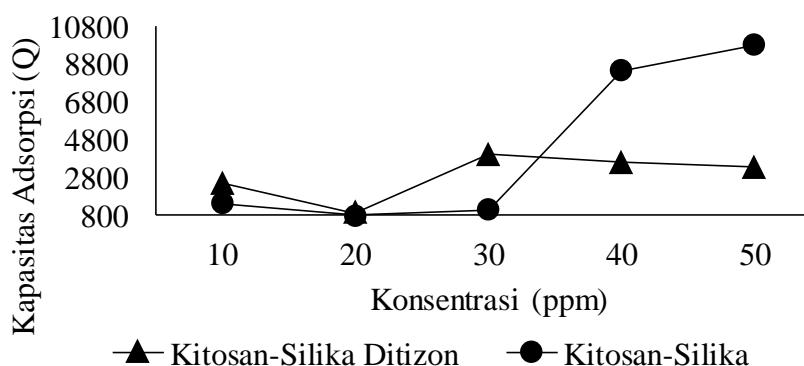
4.2.3 Pengaruh massa terhadap kapasitas adsorpsi pada ion logam besi



Gambar 4. 3 Grafik Optimasi Pengaruh Massa pada Ion Logam Besi

Pada Gambar 4.2 menunjukkan bahwa massa kitosan silika dan kitosan silika terimobilisasi ditizon untuk penyerapan logam Fe optimum pada 0,05 gram. Massa kitosan 0,05 gram menunjukkan kapasitas adsorpsi yang tinggi, sedangkan pada massa kitosan 0,1 sampai 0,3 terjadi penurunan penyerapan. Penurunan penyerapan oleh kitosan disebabkan karena larutan menjadi kental sehingga proses pengadukan tidak sempurna, akibatnya presentase penyerapannya menurun (Hargono dkk, 2008).

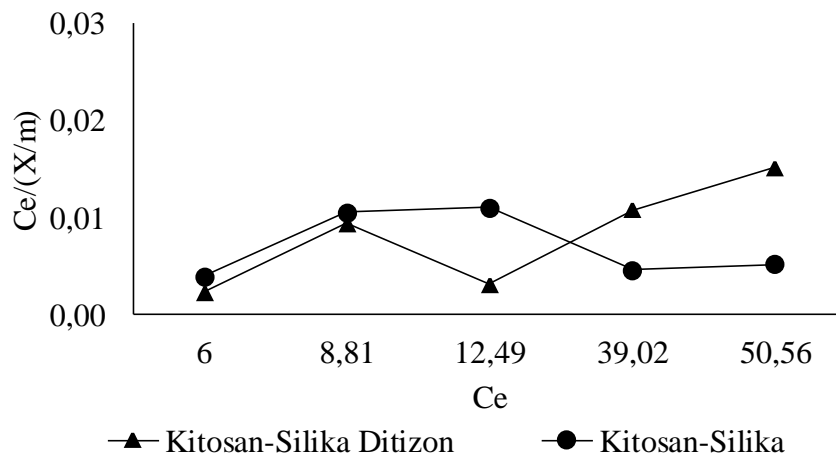
4.2.4 Pengaruh konsentrasi terhadap kapasitas adsorpsi pada ion logam besi



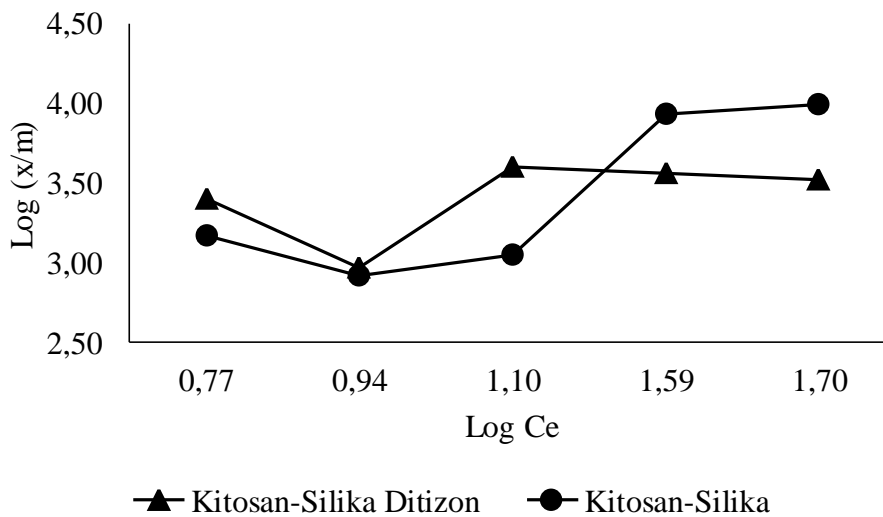
Gambar 4. 4 Grafik Optimasi Pengaruh Konsentrasi pada Ion Logam Besi

Berdasarkan Gambar 4.4 konsentrasi optimum dalam proses adsorpsi logam Fe oleh kitosan silika dan kitosan silika terimobilisasi ditizon yaitu pada konsentrasi

50 ppm. Secara teori semakin besar konsentrasi logam dalam suatu larutan, maka semakin besar pula adsorpsi yang dihasilkan. Berdasarkan Gambar 4.4 konsentrasi optimum berada pada konsentrasi tertinggi. Menurut Kahardian (2014), pada saat konsentrasi di bawah optimum, kandungan ion logam lebih sedikit dibandingkan dengan gugus kitosan-silika sehingga adsorpsi masih mengalami peningkatan. Kitosan silika ditizon optimum pada kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi daripada kitosan silika. Kondisi tersebut membuktikan bahwa ditizon membantu menaikkan kapasitas adsorpsi.



Gambar 4. 5 Kurva Isoterm *Langmuir* untuk Ion Logam Besi



Gambar 4. 6 Kurva Isoterm *Freundlich* untuk Ion Logam Besi

Tabel 4. 1 Nilai Koefisien Determinasi, Slope dan Intercept Kurva Isoterm Langmuir dan Freundlich Adsorpsi Ion Logam Besi

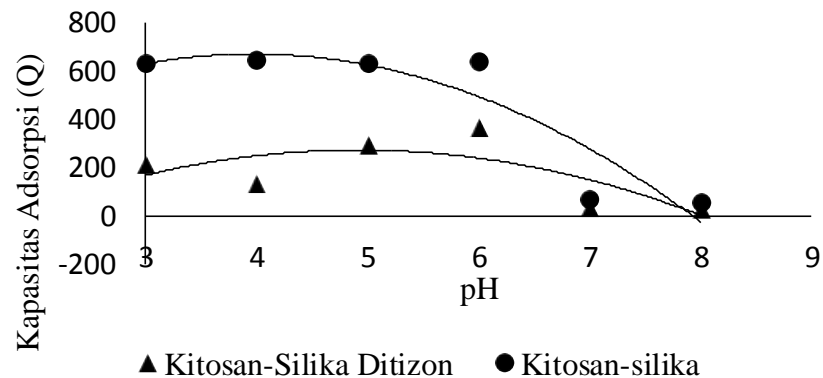
| Keterangan | <i>Langmuir</i> | | <i>Freundlich</i> | |
|------------------|-----------------|---------|-------------------|--------|
| | KS | KSD | KS | KSD |
| R^2 | 0,0272 | 0,6226 | 0,6829 | 0,2653 |
| <i>Slope</i> | -0,0004 | 0,0027 | 0,2654 | 0,084 |
| <i>Intercept</i> | 0,0082 | 0,00005 | 2,616 | 3,1587 |

Hasil interpolasi data adsorpsi logam Fe oleh kitosan silika dan kitosan silika terimobilisasi ditizon dalam hubungan antara C_e versus $\{C_e/(X/m)\}$ model isoterm *Langmuir* ditunjukkan pada Gambar 4.5. Gambar 4.5 menunjukkan bahwa kurva yang dihasilkan tampak cenderung tidaklinear untuk kedua jenis adsorben tersebut. Untuk memastikan kelinearitasan kurva perlu dilakukan analisis nilai koefisien determinasi. Tabel 4.1 menunjukkan hasil nilai koefisien Determinasi dari kurva isotherm *Langmuir* unrtuk kedua jeni adsorben terhadap logam Fe. Hasilnya nilia determinasi (r^2) untuk kitosan silika sebesar 0,0272 dan kitosan silika terimobilisasi ditizon 0,6226. kedua hasil tersebut belum memenuhi syarat linear sehingga adsorpsi Fe dengan kedua adsorben ini bukan mengikuti adsorpsi *Langmuir*.

Gambar 4.5 menuukan hasil interpolasi adsorpsi logam Fe oleh kedua adsorben diatas secara isoterm *Freundlich*. Hasilnya kurva isoterm untuk adsorpsi logam Fe oleh kedua jenis adsorben cenderung tidak linear. Nilai linearitas dapat dilihat pada tabel 4.1, dimana nilai r^2 untuk kitosan silika sebesar 0,6829 dan kitosan silika terimobilisasi ditizon sebesar 0,2653. Berdasarkan nilai koefisien Determinasi dapat diketahui bahwa adsorpsi logam Fe oleh kedua adsorben diatas tidak mengikuti model adsorpsi *Freundlich*.

4.2 Logam Kadmium (Cd)

4.2.1 Pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi pada ion logam kadmium

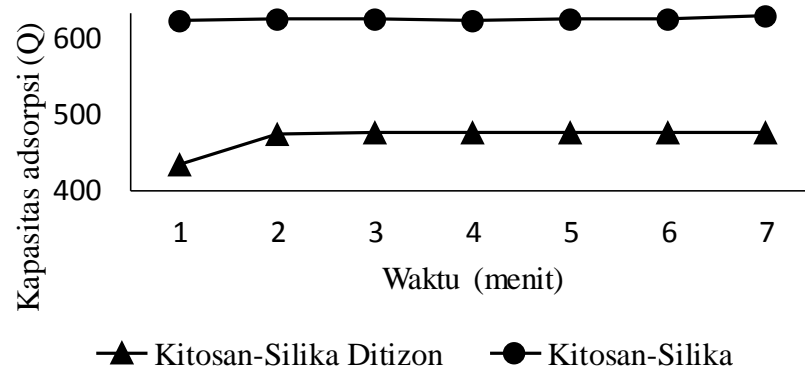


Gambar 4. 7 Grafik Optimasi Pengaruh pH pada Logam Cd

Gambar 4.7 diatas menunjukkan bahwa pH optimum untuk adsorpsi logam Cd terjadi pada pH 4 untuk kitosan silika dan pH 6 untuk kitosan silika ditizon. Pada pH 4 tersebut diperoleh kapasitas adsorpsi kitosan yang paling tinggi. Menurut Darjito dkk (2006) pada pH tersebut konsentrasi H^+ relatif sama dengan OH^- sehingga keberadaan ion H^+ dapat terstabilkan oleh ion OH^- dan gugus aktif NH_2 akan lebih optimum berikatan dengan ion logam Cd.

Menurut Riskadita (2017), konsentrasi ion H^+ yang tinggi pada pH kurang dari 3, menyebabkan terjadinya protonasi gugus-gugus aktif yang terdapat dalam adsorben kitosan-silika utamanya protonasi gugus $-NH_2$ (amina) menjadi $-NH_3^+$. Semakin tinggi konsentrasi ion H^+ maka kecenderungan protonasi gugus aktif semakin besar menyebabkan adsorpsi terhadap ion logam menurun, karena tidak ada lagi pasangan elektron bebas yang dapat berikatan. Pada pH 6, ion logam diduga memiliki afinitas lebih tinggi untuk dapat berikatan dengan gugus aktif adsorben, sehingga terjadi peningkatan jumlah ion yang teradsorpsi. Pada pH setelah pH 6 menunjukkan hasil kapasitas adsorpsi yang kurang stabil. Hal tersebut dapat dimungkinkan terjadi karena ion logam Cd masih dalam senyawa yang stabil, oleh karena itu pasangan elektron bebas yang terdapat pada gugus aktif kitosan-silika kurang mampu mengikat ion logam.

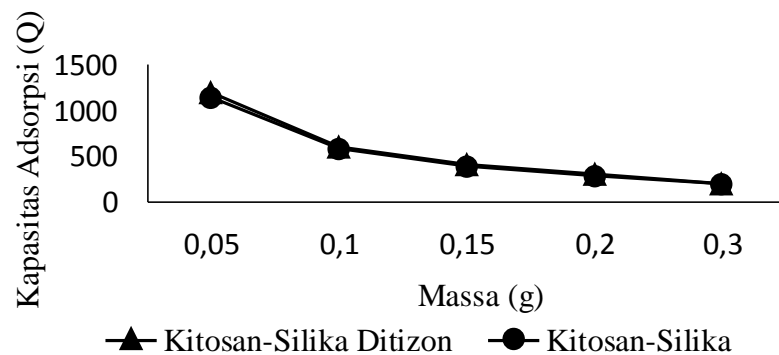
4.2.2 Pengaruh waktu terhadap kapasitas adsorpsi pada ion logam kadmium



Gambar 4. 8 Grafik Optimasi Pengaruh Waktu pada Ion Logam kadmium

Waktu kontak optimum pada saat proses adsorpsi logam Cd oleh kitosan silika yaitu pada 7 menit sedangkan waktu optimum untuk mengadsorpsi logam Cd dengan kitosan silika terimobilisasi ditizon terdapat setelah 5 menit. Waktu kontak sebelum optimum menunjukkan kapasitas adsorpsi yang cenderung terus meningkat dan setelah waktu optimum kapasitas adsorpsi tetap stabil bahkan cenderung menurun. Hal tersebut diakibatkan oleh kesetimbangan konsentrasi adsorben dan adsorbat setelah waktu optimum.

4.2.3 Pengaruh massa terhadap kapasitas adsorpsi pada ion logam kadmium



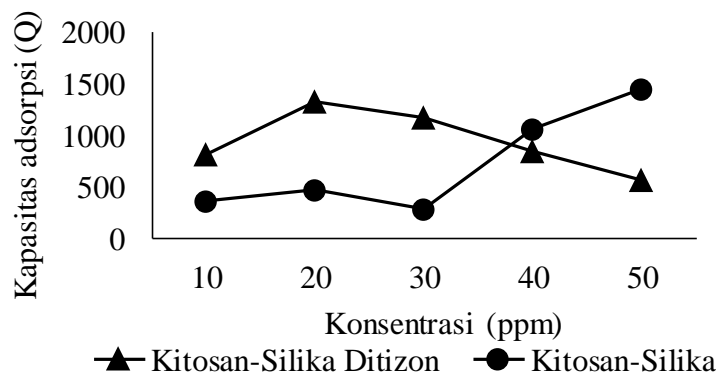
Gambar 4. 9 Grafik Optimasi Pengaruh Massa pada Ion Logam Kadmium

Berdasarkan Gambar 4.9 dapat diketahui bahwa adsorpsi logam Cd oleh kitosa silika dan kitosan silika terimobilisasi ditizon optimum pada massa 0,05 gram.

Tidak ada perbedaan yang signifikan antara kapasitas adsorpsi oleh kitosan silika maupun kitosan silika ditizon. Menurut Pipit (2010), jika dalam adsorpsi telah tercapai massa optimum, maka selanjutnya tidak akan terjadi kenaikan atau penurunan adsorpsi, akan tetapi bersifat statis dan relative konstan. Hal ini menunjukkan bahwa proses adsorpsi diperkirakan telah mencapai kesetimbangan.

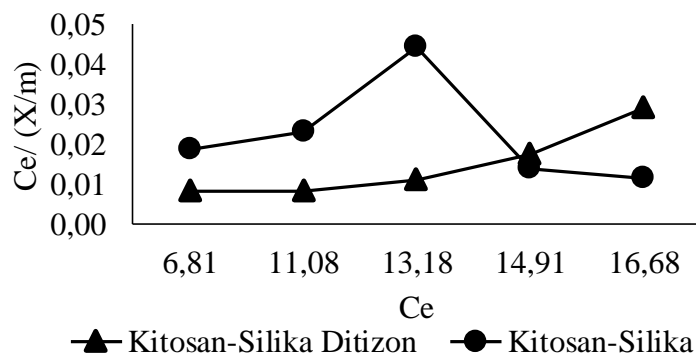
Pada Gambar 4.9 adsorpsi logam Cd setelah tercapai keadaan optimum menurun kembali. Hal tersebut dapat terjadi massa kitosan yang semakin banyak dan menyebabkan pengendapan yang berakibat pada penurunan proses adsorpsi. Sama halnya dengan logam Fe pada proses adsorpsi logam Cd variasi massa, tidak ada perbedaan yang signifikan pada kapasitas adsorpsi kitosan silika maupun kitosan silika terimobilisasi ditizon.

4.2.4 Pengaruh konsentrasi terhadap kapasitas adsorpsi pada ion logam kadmium

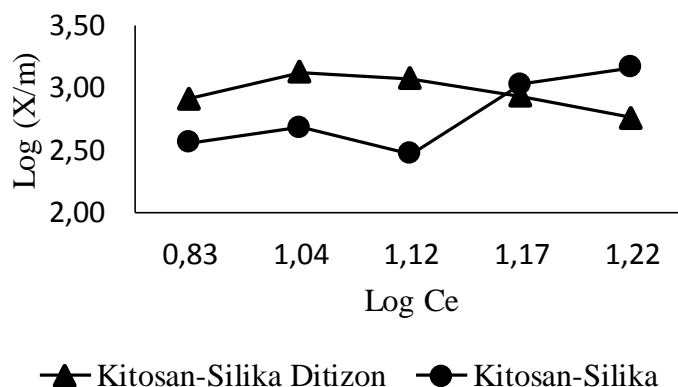


Gambar 4. 10 Grafik Optimasi Pengaruh Konsentrasi pada Ion Logam Kadmium

Berdasarkan gambar 4.10 dapat diketahui bahwa konsentrasi optimum adsorpsi logam Pb oleh kitosan silika yaitu 50 ppm. Hal tersebut sesuai dengan teori bahwa semakin tinggi konsentrasi maka semakin tinggi juga kapasitas adsorpsinya, sedangkan pada kapasitas adsorpsi kitosan silika terimobilisasi ditizon terjadi penurunan setelah optimum pada konsentrasi 20 ppm. Hasil tersebut tidak sesuai teori yang ada. Pengaruh penimbangan massa kitosan pada kondisi ini dimungkinkan sebagai faktor kesalahan karena pada konsentrasi 20 ppm massa kitosan cukup berbeda jauh dengan konsentrasi lainnya.



Gambar 4. 11 Kurva Isoterm *Langmuir* untuk Ion Logam Kadmium



Gambar 4. 12 Kurva Isoterm *Freundlich* untuk Ion Logam Kadmium

Tabel 4. 2 Nilai Koefisien Determinasi, Slope dan Intercept Kurva Isoterm Langmuir dan Freundlich Adsorpsi Ion Logam Kadmium

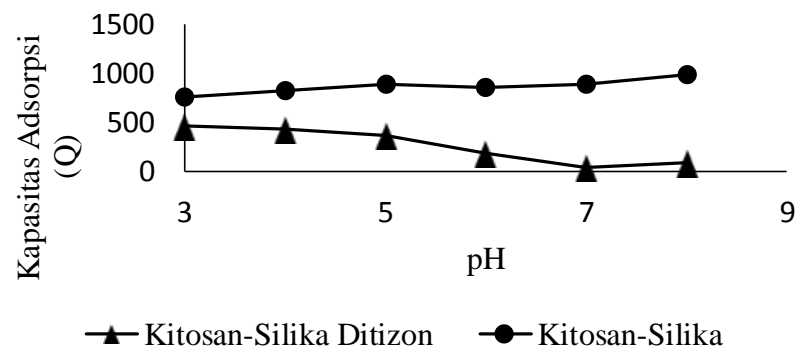
| Keterangan | <i>Langmuir</i> | | <i>Freundlich</i> | |
|------------------|-----------------|---------|-------------------|--------|
| | KS | KSD | KS | KSD |
| R^2 | 0,0819 | 0,8316 | 0,6684 | 0,3017 |
| <i>Slope</i> | -0,0024 | 0,0051 | 0,1553 | 0,0506 |
| <i>Intercept</i> | 0,0295 | -0,0004 | 2,3137 | 3,1098 |

Pengujian persamaan adsorpsi *Langmuir* dan *Freundlich* dilakukan pada adsorpsi logam Cd oleh kitosan silika dan kitosan silika terimobilisasi ditizon. Gambar 4.11 menunjukkan persamaan Langmuir dan Gambar 4.12 menunjukkan persamaan *Freundlich*. Hasil persamaan adsorpsi *Langmuir* menunjukkan kurva yang cenderung linear untuk kitosan silika terimobilisasi ditizon sedangkan

kurva persamaan adsorpsi *Freundlich* cenderung tidak linear untuk keduanya. Nilai linearitas dari kedua persamaan dapat dilihat pada Tabel 4.2 yang menunjukkan bahwa nilai linearitas pada persamaan adsorpsi *Langmuir* kitosan silika terimobilisasi ditizon sebesar 0,8316 dan adsorben pada persamaan lainnya dibawah 0,8. Nilai tersebut dapat menjelaskan bahwa adsorpsi logam Cd oleh kitosan silika terimobilisasi ditizon sesuai dengan persamaan adsorpsi *Langmuir*. Nilai persamaan Langmuir pada kitosan silika ditizon yaitu $ce/(x/m) = 0,0051 Ce - 0,0004$ dengan konstanta a sebesar -2500 dan b - 12,75.

4.3 Logam Krom (Cr)

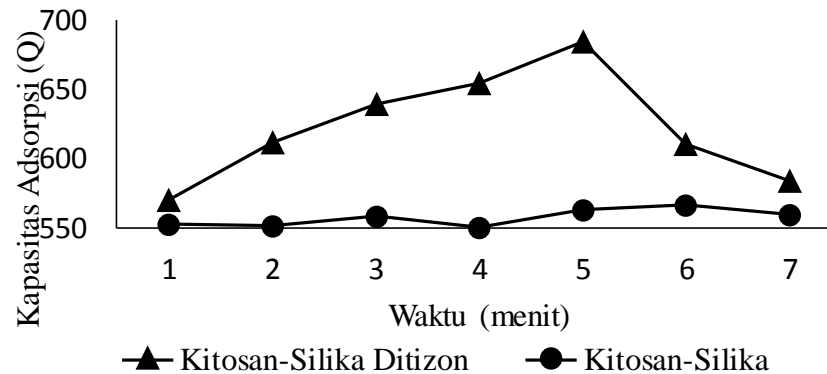
4.3.1 Pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi pada ion logam krom



Gambar 4. 13 Grafik Optimasi Pengaruh pH pada Ion Logam Krom

pH optimum dalam Gambar 3.3 diatas menunjukkan bahwa adsorpsi logam Cr dengan kitosan silika optimum pada pH 3 dan kitosan silika ditizon pada pH 8. Perbedaan kapasitas adsorpsi yang cukup signifikan antara kitosan silika dan kitosan silika ditizon terjadi pada adsorpsi logam Cr. Menurut Allen dkk (2014) kitosan yang memiliki gugus aktif amina (-NH₂) ditambahkan dengan ditizon agar kemampuan adsorpsi dan kestabilannya menjadi semakin baik. Hal ini tidak sesuai dengan gambar yang menunjukkan kapasitas adsorpsi kitosan silika lebih tinggi dibandingkan dengan kitosan silika yang terimobilisasi ditizon. Perbedaan tersebut dimungkinkan karena pada pengujian variasi pH kondisi adsorben yang lain seperti massa, waktu kontak dan konsentrasi belum optimum.

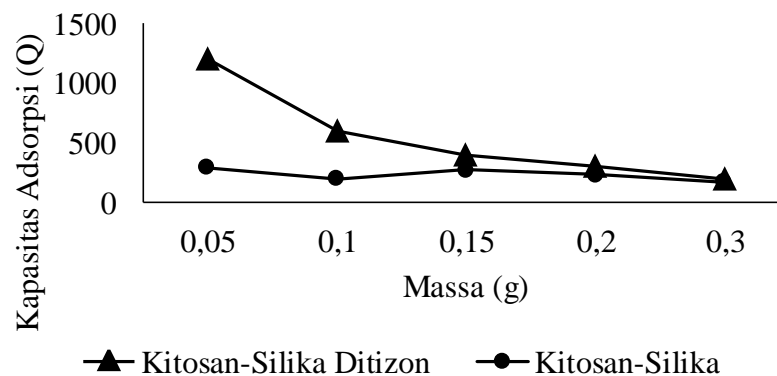
4.3.2 Pengaruh waktu terhadap kapasitas adsorpsi pada ion logam krom



Gambar 4. 14 Grafik Optimasi Pengaruh Waktu pada Ion Logam Krom

Gambar 4.14 menunjukkan hubungan antara waktu dan kapasitas adsorpsi kitosan silika dan kitosan silika terimobilisasi ditizon terhadap logam Cr. Waktu optimum untuk kitosan silika yaitu 6 menit dan untuk silika terimobilisasi ditizon 5 menit, setelah waktu optimum kapasitas adsorpsi menurun. Menurut Cahyaningrum dkk (2013), saat mencapai kondisi kesetimbangan, situs aktif kitosan silika *bead* sudah jenuh oleh ion logam Cr sehingga kurang dapat menyerap ion logam Cr. Pengaruh ditizon pada kapasitas adsorpsi kitosan silika terhadap logam Cr terlihat signifikan. Kapasitas adsorpsinya sangat tinggi, sesuai dengan fungsi ditizon sebagai penambah gugus fungsi sehingga logam yang diserap lebih banyak.

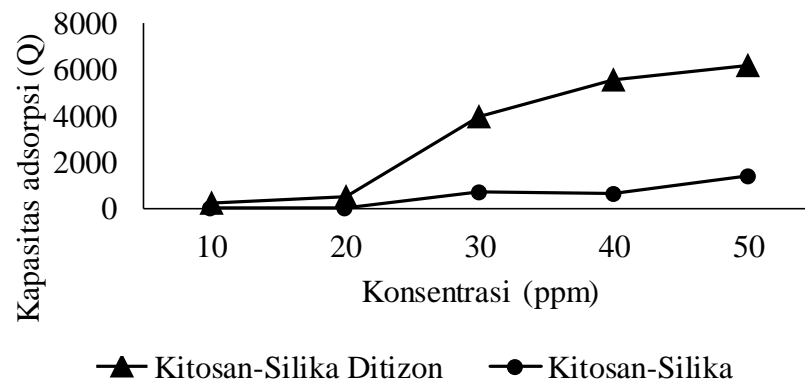
4.3.3 Pengaruh Massa



Gambar 4. 15 Grafik Optimasi Pengaruh Massa pada Ion Logam Krom

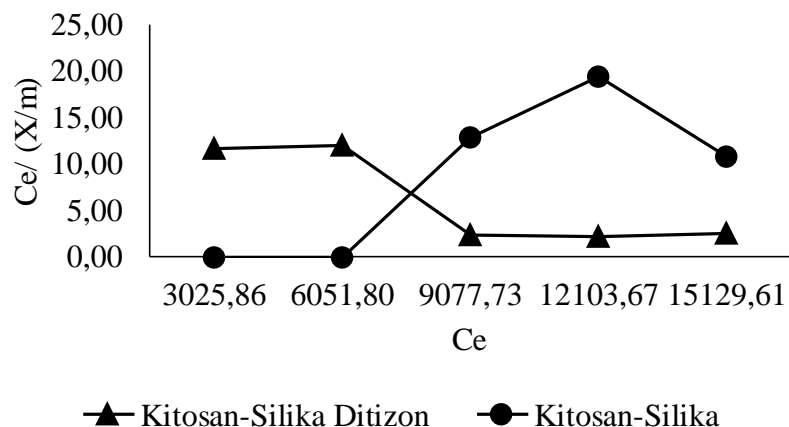
Kapasitas adsorpsi logam Cr oleh kitosan silika dan kitosan silika terimobilisasi ditizon seperti pada Gambar 4.15, optimum pada massa 0,05 gram. Setelah massa optimum, kapasitas adsorpsi kitosan silika menurun lalu naik kembali, sedangkan kitosan silika terimobilisasi cenderung lebih menurun stabil. Hal ini menunjukkan bahwa setelah massa optimum proses adsorpsi terhambat dan pengaruh ditizon menyebabkan adsorpsi lebih stabil.

4.3.4 Pengaruh konsentrasi terhadap kapasitas adsorpsi pada ion logam krom

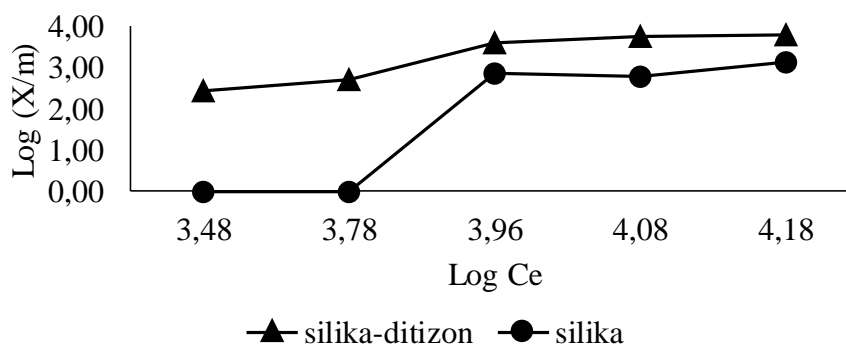


Gambar 4. 16 Grafik Optimasi Pengaruh Konsentrasi pada Ion Logam Krom

Konsentrasi optimum pada adsorpsi logam Cr oleh kitosan silika dan kitosan silika terimobilisasi ditizon terdapat pada Gambar 4.16. Konsentrasi 50 ppm pada kitosan silika dan kitosan silika terimobilisasi ditizon mengalami kapasitas adsorpsi yang optimum. Proses adsorpsi sesuai dengan teori, dimana semakin tinggi konsentrasi suatu logam maka semakin banyak pula jumlah logam yang teradsorpsi. Kapasitas adsorpsi kitosan silika terimobilisasi ditizon lebih tinggi dibandingkan dengan kitosan silika, hal tersebut merupakan salah satu fungsi ditizon untuk membantu peningkatan kapasitas adsorpsi dengan penambahan gugus aktif pada kitosan.



Gambar 4. 17 Kurva Isoterm *Langmuir* untuk Ion Logam Krom



Gambar 4. 18 Kurva Isoterm *Freundlich* untuk Ion Logam Krom

Tabel 4. 3 Nilai Koefisien Determinasi, Slope dan Intercept Kurva Isoterm *Langmuir* dan *Freundlich* Adsorpsi Ion Logam Krom

| Keterangan | <i>Langmuir</i> | | <i>Freundlich</i> | |
|------------------|-----------------|---------|-------------------|--------|
| | KS | KSD | KS | KSD |
| R^2 | 0,5791 | 0,67283 | 0,8697 | 0,7969 |
| <i>Slope</i> | 4,0861 | -2,8078 | 0,3787 | 0,9094 |
| <i>Intercept</i> | - 3,6472 | 14,533 | 2,1136 | -0,97 |

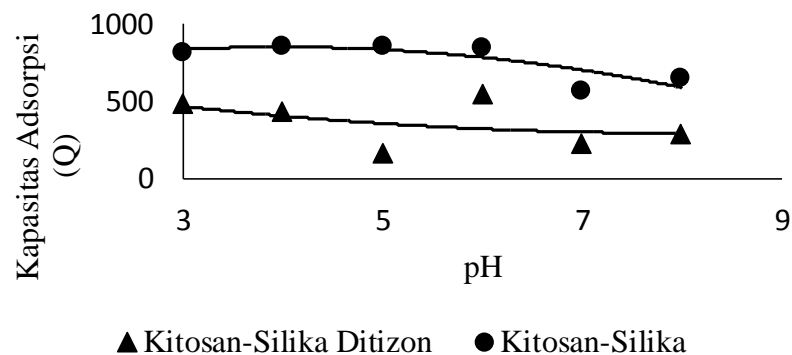
Berdasarkan rumus empiris persamaan adsorpsi *freundlich* pada Gambar 4.18 dapat dilihat bahwa adsorpsi logam Cr oleh kitosan silika cenderung lebih linear daripada kitosan silika terimobilisasi ditizon. Terbukti pada tabel 4.3 nilai koefisien determinasi kitosan silika pada persamaan *Freundlich* ialah sebesar

0,8697 sedangkan kitosan silika 0,7969. Hasil tersebut menunjukkan bahwa hanya kitosan silika yang mengikuti persamaan *Freundlich*. Nilai persamaan *Freundlich* pada kitosan silika yaitu $\log (x/m) = 0,3787 C_e + 2,1136$ dengan konstanta k sebesar 129,897263 dan n 2,64061262.

Gambar 4.17 menunjukkan kurva persamaan adsorpsi *Langmuir* dari kedua adsorben terhadap logam Cr. Hasilnya kedua jenis adsorben tersebut tidak mengikuti persamaan isoterm adsorpsi *Langmuir*. Hal tersebut karena pada Gambar 4.17 terlihat kurva yang cenderung tidak linear serta nilai koefisien determinasi di bawah 0,8 yaitu kitosan silika 0,5791 dan kitosan silika terimobilisasi ditizon 0,67283.

4.4 Logam Tembaga (Cu)

4.1 Pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi pada ion logam tembaga

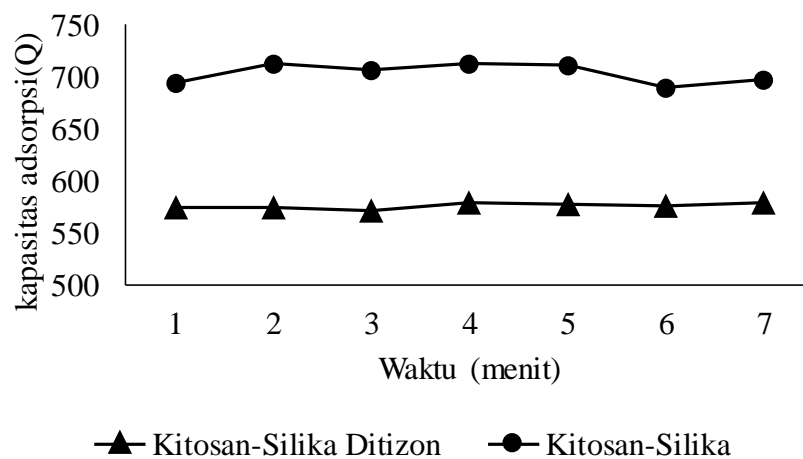


Gambar 4. 19 Grafik Optimasi Pengaruh pH pada Ion Logam Tembaga

Proses adsorpsi logam Cu dengan kitosan silika dan kitosan silika terimobilisasi ditizon masing-masing optimum pada pH 6. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Nucifera dkk (2016) menyebutkan bahwa ion logam Cu mengalami kenaikan adsorpsi pada pH 6 ke atas. Hasil tersebut sesuai dengan hasil gambar di atas. Menurut Riskadita (2017), konsentrasi ion H^+ yang tinggi pada pH kurang dari 6, menyebabkan terjadinya protonasi gugus-gugus aktif yang terdapat dalam adsorben kitosan-silika utamanya protonasi gugus $-NH_2$ (amina) menjadi $-NH_3^+$. Semakin tinggi konsentrasi ion H^+ maka kecenderungan protonasi gugus aktif semakin besar menyebabkan adsorpsi terhadap ion logam menurun, karena tidak ada lagi pasangan elektron bebas yang dapat berikatan. Pada pH 6, ion logam

diduga memiliki afinitas lebih tinggi untuk dapat berikatan dengan gugus aktif adsorben, sehingga terjadi peningkatan jumlah ion yang teradsorpsi. Pada pH setelah pH 6 menunjukkan hasil kapasitas adsorpsi yang kurang stabil. Hal tersebut dapat dimungkinkan terjadi karena ion logam Cu masih dalam senyawa yang stabil, oleh karena itu pasangan elektron bebas yang terdapat pada gugus aktif kitosan-silika kurang mampu mengikat ion logam.

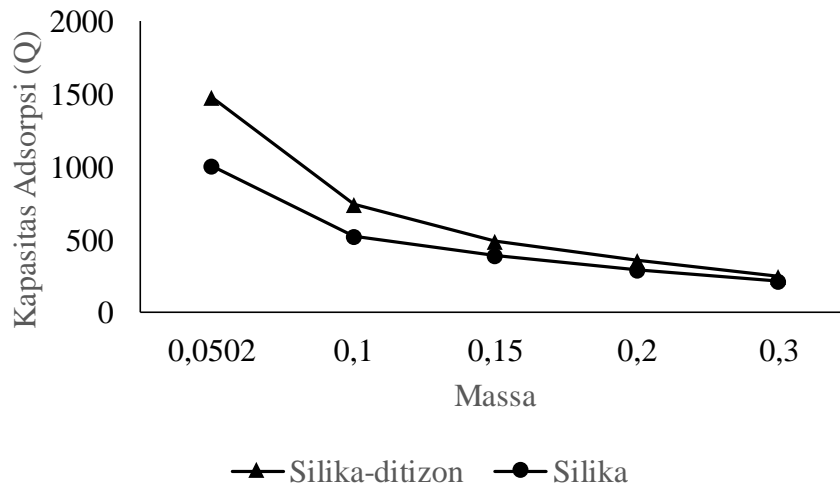
4.2 Pengaruh waktu terhadap kapasitas adsorpsi pada ion logam tembaga



Gambar 4. 20 Grafik Optimasi Pengaruh Waktu pada Ion Logam Tembaga

Berdasarkan Gambar 4.20 dapat diketahui bahwa waktu kontak optimum pada adsorpsi logam Cu oleh kitosan silika dan kitosan silika terimobilisasi ditizon masing-masing yaitu 5 dan 7 menit. Pada waktu tersebut diperkirakan ion loga Cu benar-benar bereaksi dengan kitosan silika dan kitosan silika terimobilisasi ditizon. Kapasitas adsorpsi kitosan silika lebih tinggi dibandingkan dengan kitosan silika terimobilisasi ditizon. Penyebab yang dimungkinkan ialah karena massa kitosan yang belum optimum.

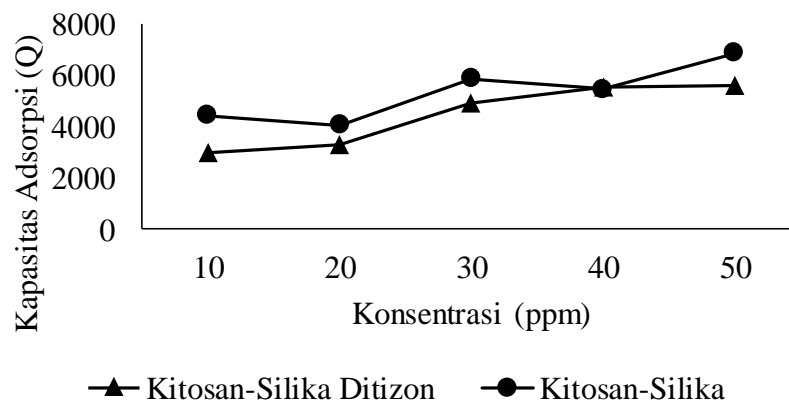
4.3 Pengaruh massa terhadap kapasitas adsorpsi pada ion logam tembaga



Gambar 4. 21 Grafik Optimasi Pengaruh Massa pada Ion Logam Tembaga

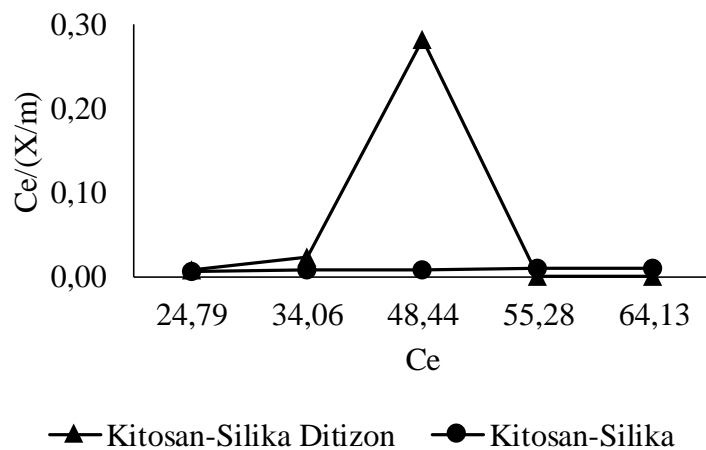
Pengaruh massa pada kapasitas adsorpsi kitosan silika dan kitosan silika ditizon terhadap logam Cu disajikan dalam grafik pada Gambar 4.21. Menurut gambar 4.21 dapat diketahui bahwa massa optimum pada adsorpsi kedua jenis kitosan tersebut yaitu 0,05 gram. Setelah massa optimum terjadi penurunan. Kapasitas adsorpsi kitosan silika terimobilisasi ditizon lebih tinggi dibandingkan dengan kitosan silika. Hal tersebut terjadi karena pengaruh ditizon yang memberi gugus aktif tambahan sehingga kapasitas adsorpsi lebih tinggi.

4.4 Pengaruh konsentrasi terhadap kapasitas adsorpsi pada ion logam tembaga

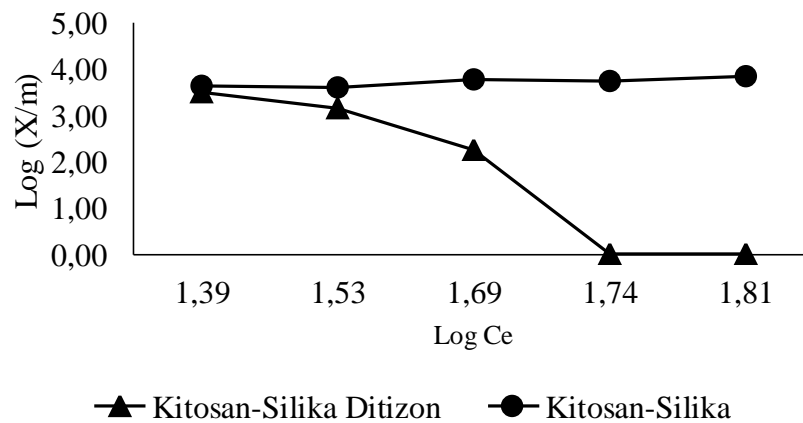


Gambar 4. 22 Grafik Optimasi Pengaruh Konsentrasi pada Ion Logam Tembaga

Berdasarkan Gambar 4.22 konsentrasi optimum dalam proses adsorpsi logam Cu oleh kitosan silika dan kitosan silika terimobilisasi ditizon berturut-turut yaitu pada konsentrasi 50 ppm. Secara teori semakin besar konsentrasi logam dalam suatu larutan, maka semakin besar pula adsorpsi yang dihasilkan. Hal tersebut terbukti pada Gambar 4.22 konsentrasi optimum berada pada konsentrasi tertinggi. Pada konsentrasi sebelumnya proses adsorpsi cenderung naik turun, hal tersebut dimungkinkan karena belum adanya kesetimbangan antara adsorben dan adsorbat.



Gambar 4. 23 Kurva Isoterm Langmuir untuk Ion Logam Tembaga



Gambar 4. 24 Kurva Isoterm Freundlich untuk Ion Logam Tembaga

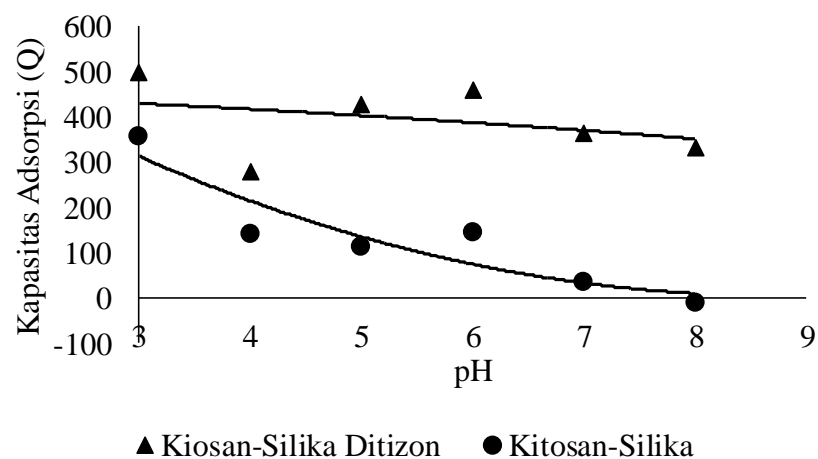
Tabel 4. 4 Nilai Koefisien Determinasi, Slope dan Intercept Kurva Isoterm Langmuir dan Freundlich Adsorpsi Ion Logam Tembaga

| Keterangan | <i>Langmuir</i> | | <i>Freundlich</i> | |
|------------------|-----------------|--------|-------------------|---------|
| | KS | KSD | KS | KSD |
| R^2 | 0,7222 | 0,0027 | 0,7633 | 0,9031 |
| <i>Slope</i> | 0,0009 | -0,004 | 0,0514 | -1.0112 |
| <i>Intercept</i> | 0,0056 | 0,0747 | 3,5645 | 4,8079 |

Berdasarkan Gambar 4.23, Gambar 4.24 dan Tabel 4.4 dapat diketahui bahwa adsorpsi logam Cu oleh kitosan silika terimobilisasi ditizon mengikuti persamaan *Freundlich* dan kitosan silika tidak mengikuti kedua persamaan di atas. Hal tersebut terbukti dari kurva kedua persamaan yang menunjukkan bahwa garis linear hanya dimiliki oleh kitosan silika terimobilisasi ditizon pada persamaan *Freundlich*. Selain itu nilai koefisien Determinasi kitosan silika terimobilisasi pada persamaan *Freundlich* menunjukkan angka yang sangat baik yaitu 0,9031 sedangkan hasil lainnya dibawah 0,8. Nilai persamaan *Freundlich* pada kitosan silika ditizon yaitu $\log(x/m) = -1,0112 C_e + 4,8079$ dengan konstanta k sebesar 64253,975 dan n -0,9889.

4.5 Logam Timbal (Pb)

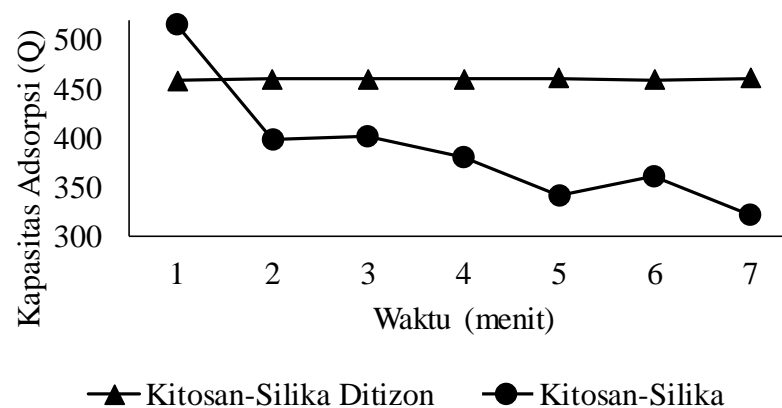
4.5.1 Pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi pada ion logam timbal



Gambar 4. 25 Grafik Optimasi Pengaruh pH pada Ion Logam Timbal

Hasil uji pengaruh variasi pH pada pada proses adsorpsi logam Pb dengan kitosan silika dan kitosan silika terimobilisasi ditizon masing-masing optimum pada pH 3. Sama seperti dengan logam lainnya, pada pH yang tinggi ion OH⁻ cenderung berikatan membentuk endapan dengan logam Pb menjadi PbOH₂ sehingga proses adsorpsi terganggu. Pada logam Pb ini, variasi kitosan silika terimobilisasi ditizon menunjukkan tingkat kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi daripada kitosan silika tanpa imobilisasi ditizon. Hal tersebut sejalan dengan pernyataan Allen dkk (2014).

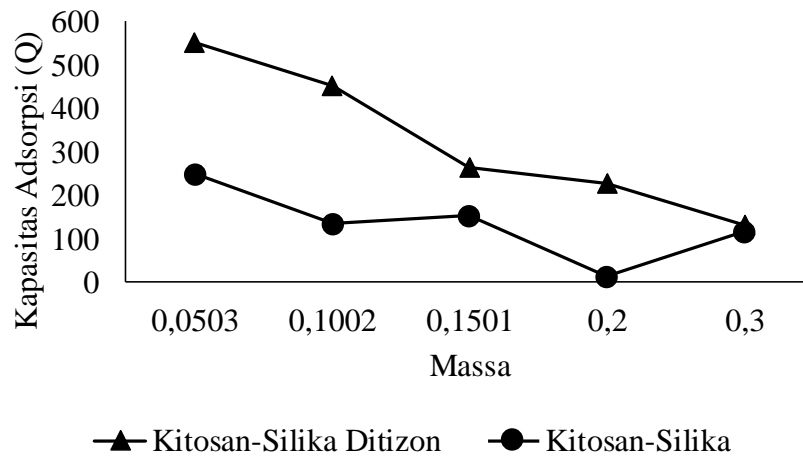
4.5.2 Pengaruh waktu terhadap kapasitas adsorpsi pada ion logam timbal



Gambar 4. 26 Grafik Optimasi Pengaruh Waktu pada Ion Logam Timbal

Gambar 4.26 menunjukkan bahwa waktu optimum untuk adsorpsi logam Pb dengan kitosan silika yaitu 1 menit dan dengan kitosan silika terimobilisasi ditizon yaitu 7 menit. Pada garis yang menunjukkan waktu optimum kitosan silika, waktu 1menit kapasitas adsorpsi sangat tinggi tetapi setelahnya menurun cukup drastis. Penyebab tingginya kapasitas adsorpsi pada 1 menit ini dimungkinkan karena pada saat pembacaan reaksi dengan waktu 1 menit, kondisi spektrofotometri serapan atom masih belum stabil, karena absorbansi cukup tinggi dan setelahnya menurun drastis. Kitosan silika ditizon menunjukkan performa yang baik dengan waktu optimum 7 menit.

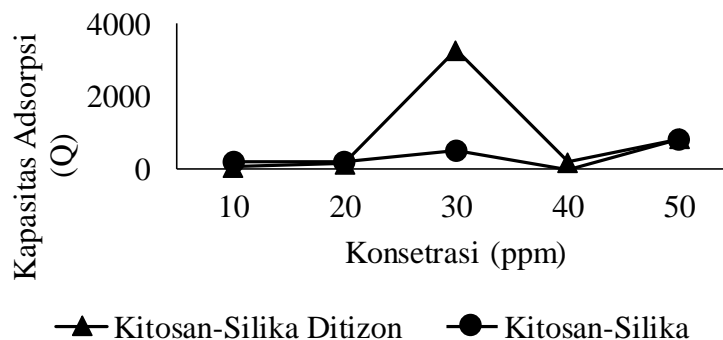
4.5.3 Pengaruh massa terhadap kapasitas adsorpsi pada ion loga timbal



Gambar 4. 27 Grafik Optimasi Pengaruh Massa pada Ion Logam Timbal

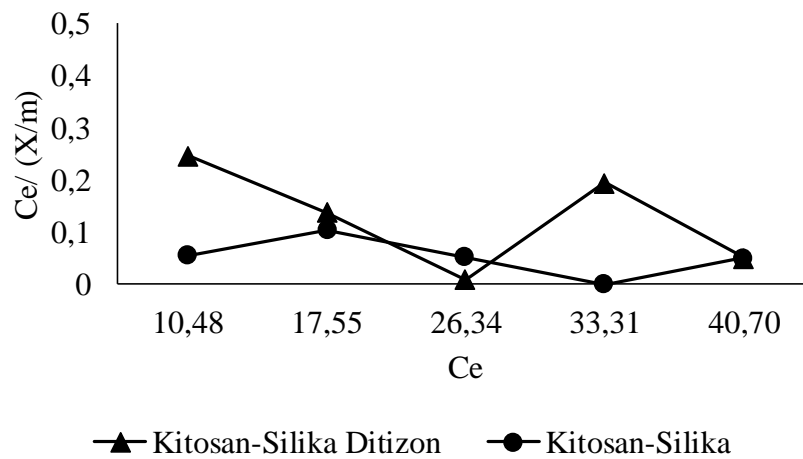
Gambar 4.27 menunjukkan grafik hubungan antara pengaruh massa dan kapasitas adsorpsi logam Pb oleh kitosan silika dan kitosan silika terimobilisasi ditzon. Kitosan silika dan kitosan terimobilisasi ditzon optimum pada massa 0,05 gram. Setelah massa optimum kapasitas cenderung menurun karena adanya ketidaksetimbangan pada proses adsorpsi. Kapasitas adsorpsi kitosan silika terimobilisasi ditzon lebih tinggi dibandingkan dengan kitosan silika, hal tersebut merupakan fungsi dari ditzon yang membantu menambah gugus aktif sehingga kapasitas adsorpsi menjadi tinggi.

4.5.4 Pengaruh konsentrasi terhadap kapasitas adsorpsi pada ion logam timbal

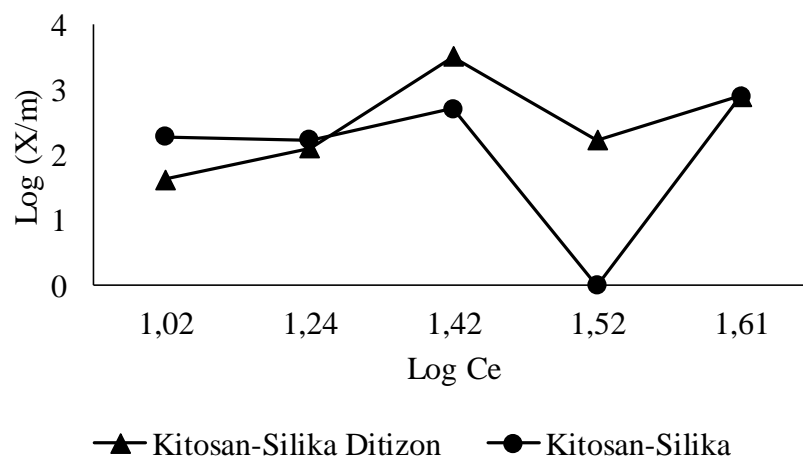


Gambar 4. 28 Grafik Optimasi Pengaruh Konsentrasi pada Ion Logam Timbal

Berdasarkan Gambar 4.28 dapat diketahui bahwa konsentrasi optimum adsorpsi logam Pb oleh kitosan silika yaitu 50 ppm. Hal tersebut sesuai dengan teori bahwa semakin tinggi konsentrasi maka semakin tinggi juga kapasitas adsorpsinya. Sedangkan pada kapasitas adsorpsi kitosan silika terimobilisasi ditizon terjadi penurunan setelah optimum pada konsentrasi 30 ppm. Hasil tersebut tidak sesuai teori yang ada. Pengaruh penurunan absorbansi pada kondisi ini dimungkinkan sebagai faktor kesalahan karena pada konsentrasi 30 ppm absorbansi tidak sempurna.



Gambar 4. 29 Kurva Isoterm Langmuir untuk Ion Logam Timbal



Gambar 4. 30 Kurva Isoterm Freundlich untuk Ion Logam Timbal

Tabel 4. 5 Nilai Koefisien Determinasi, Slope dan Intercept Kurva Isoterm Langmuir dan Freundlich Adsorpsi Ion Logam Timbal

| Keterangan | <i>Langmuir</i> | | <i>Freundlich</i> | |
|------------------|-----------------|---------|-------------------|--------|
| | KS | KSD | KS | KSD |
| R^2 | 0,2367 | 0,2861 | 0,0175 | 0,3313 |
| <i>Slope</i> | -0,0112 | -0,0332 | -0,0978 | 0,2683 |
| <i>Intercept</i> | 0,0853 | 0,2265 | 2,3207 | 1,6746 |

Berdasarkan persamaan *Langmuir* dan *Freundlich* yang dapat dilihat pada gambar 4.29 dan gambar 4.30 adsorpsi logam Pb oleh kitosan silika dan kitosan terimobilisasi ditizon tidak mengikuti kedua persamaan diatas. Kurva kedua persamaan untuk kedua adsorben tersebut cenderung tidak linear. Selain itu nilai koefisien Determinasi kedua adsorben pada kedua persamaan diatas menunjukan hasil yang kurang baik yaitu kurang dari 0,8.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan studi adsorpsi logam berat pada adsorben kitosan silika – kitosan silika ditizon yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Kondisi optimum untuk ke 4 variasi kondisi yaitu Fe-KS pada pH 3, waktu 7 menit, massa kitosan 0,05 gram dan konsentrasi pada 50 ppm. Fe-KSD optimum pada pH 4, waktu 7 menit, massa kitosan 0,05 gram dan konsentrasi pada 50 ppm. Cd-KS optimum pada pH 4, waktu 7 menit, massa kitosan 0,05 gram dan konsentrasi pada 50 ppm. Cd-KSD optimum pada pH 6, waktu 5 menit, massa kitosan 0,05 gram dan konsentrasi pada 20 ppm. Cr-KS optimum pada pH 3, waktu 6 menit, massa kitosan 0,05 gram dan konsentrasi pada 50, Cr-KSD optimum pada pH 8, waktu 5 menit, massa kitosan 0,05 gram dan konsentrasi pada 50 ppm. Cu-KS optimum pada pH 3, waktu 6 menit, massa kitosan 0,05 gram dan konsentrasi pada 50 ppm. Cu-KSD optimum pada pH 6, waktu 7 menit, massa kitosan 0,05 gram dan konsentrasi pada 50 ppm. Pb-KS optimum pada pH 3, waktu 1 menit, massa kitosan 0,05 gram dan konsentrasi pada 50 ppm. Pb-KSD optimum pada pH 3, waktu 7 menit, massa kitosan 0,05 gram dan konsentrasi pada 50 ppm.
2. Proses adsorpsi yang mengikuti persamaan Langmuir ialah adsorpsi logam cd oleh kitosan silika ditizon dan proses adsorpsi yang mengikuti persamaan Freundlich ialah adsorpsi logam cr oleh kitosan silika serta adsorpsi logam cu oleh kitosan silika ditizon. Adsorpsi logam lainnya tidak mengikuti persamaan Langmuir maupun Freundlich.

5.2 Saran

Studi ini masih memiliki banyak kekurangan, oleh karenanya ada beberapa saran yang mungkin bisa dilakukan untuk penelitian berkelanjutan

1. Karakterisasi kitosan dapat dilakukan untuk mengetahui karakteristik kitosan yang digunakan serta menjamin kinerja adsorpsi.

2. Kondisi pengujian harus sangat dijaga untuk mendapatkan hasil yang stabil. Berikut kondisi alat, bahan dan proses selama pengujian berlangsung.
3. Kalibrasi alat seperti pH meter dan neraca analitik sangat dianjurkan dilakukan untuk memastikan data pengujian yang valid.
4. Pengujian dengan persamaan isotherm lainnya perlu dilakukan untuk mengetahui persamaan yang sesuai dengan kondisi adsorben.
5. Studi lanjut untuk kebutuhan aplikasi kitosan menjadi sensor, perlu adanya pengujian karakterisasi kitosan yang digunakan agar sesuai dengan semua jenis logam, karena pada studi ini setiap logam memiliki kondisi optimum yang berbeda-beda.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, C. V., Destiarti, L., & Zaharah, T. A. (2014). Recovery Timbal dengan Ekstraksi Fase Padat Menggunakan Kitosan Terimobilisasi Ditizon. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 3(2).
- Arbi, Y., Siregar, R. L., & Damanhuri, T. P. (2018). Kajian Pencemaran Air Tanah oleh Lindi di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir Sampah Air Dingin Kota Padang. *Jurnal Sains dan Teknologi: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknologi Industri*, 18(1), 46-52.
- Ardana, S. K. (2013). *Sintesis silika-kitosan bead untuk menurunkan kadar ion Cd (II) dan Ni (II) dalam larutan* (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Semarang).
- Arifin, Z., Irawan, D., Rahim, M., & Ramantiya, F. (2016). Adsorpsi zat warna direct black 38 menggunakan kitosan berbasis limbah udang delta Mahakam. *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*, 6(1), 35-45.
- Bhatia, R. B., Brinker, C. J., Gupta, A. K., & Singh, A. K. (2000). Aqueous sol-gel process for protein encapsulation. *Chemistry of Materials*, 12(8), 2434-2441.
- Dallan, P. R. M., Moreira, P. da Luz., Petinari, L., Malmonge, S. M., Beppu, M. M., Genari, S. C. & Moraes, A. M. (2006). Effects of Chitosan Solution Concentration and Incorporation of Chitin and Glycerol on Dense Chitosan Adsorben Properties. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*: 394-405.
- Darjito, D., Purwonugroho, D., & Nisa, S. N. (2006). Study On Adsorption of Cd (II) by Chitosan-Alumina. *Indonesian Journal of Chemistry*, 6(3), 238-244.
- Dewa, R. M. (2012). Adsorpsi Fluidisasi Logam Cu (Ii) Menggunakan Kitosan-Urea dengan Penambahan Karboksimetil Selulosa (Cmc) dan Glutaraldehyd. *Doctoral dissertation*, Universitas Airlangga.
- Firdaus, M. L. (2013). Studi Perbandingan Berbagai Adsorben Sintetis dan Alami Untuk Mengikat Logam Berat. *UNIB Scholar Repository*. Universitas Bengkulu.
- <http://www2.kkp.go.id/artikel/2233-maritim-indonesia-kemewahan-yang-luar-biasa> diakses pada 16 Februari 2020 pukul 23.41 WIB.
- Handayani, M., & Sulistiyono, E. (2009). Uji Persamaan Langmuir dan Freundlich pada Penyerapan Limbah Chrom (VI) oleh Zeolit. *Bandung, PTNBR-BATAN Bandung*, 130-136.
- Istarani, F. F., & Pandebesie, E. S. (2014). Studi dampak arsen (As) dan kadmium (Cd) terhadap penurunan kualitas lingkungan. *Jurnal Teknik ITS*, 3(1), D53-D58.
- Kahardian S. 2014. Sintesis Silika-Kitosan Bead untuk Menurunkan Kadar Ion Cd (II) dan Ni (II) dalam Larutan. *Indo J Chem Sci* 3(3): 198.
- Laksono, E. W. (2009). Kajian Terhadap Aplikasi Kitosan Sebagai Adsorben Ion Logam Dalam Limbah Cair. *Juridik Kimia, FMIPA, UNY*.
- Laksono, E. W., Ikhsan, J., & Prodjosantoso, A. K. (2006). Efek pH terhadap Kemampuan Adsorpsi Kitosan dengan Logam. In *Prosiding Seminar Nasional Kimia* (Vol. 1, pp. 243-247).

- Larasati, M. (2019). Validasi Metode Analisis Narkotika Jenis Ekstasi Menggunakan Gas Chromatography-Mass Spectrometry di Pusat Laboratorium Foreksik Jakarta. *E Library Chemical Analysis DIII Analisis Kimia UII*.
- Nur, Y., Rohaeti, E., & Darusman, L. K. (2017). Optical Sensor for the Determination of Lead (II) Based On Immobilization of Dithizone onto Chitosan-Silica Adsorben. *Indonesian Journal of Chemistry*, 17(1), 7-14.
- Nucifera, I. F., Zaharah, T. A., & Syahbanu, I. (2016). Uji Stabilitas Kitosan-Kaolin Sebagai Adsorben Logam Berat Cu (II) dalam Air. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 5(2).
- Pitriani, P. (2010). Sintesis dan aplikasi kitosan dari cangkang rajungan (*portunus pelagicus*) sebagai penyerap ION besi (Fe) dan Mangan (Mn) untuk pemurnian natrium silikat. *Skiprsi UIN JKT*.
- Rapierna, A. (2012). *Sintesis dan Pemanfaatan Membran Kitosan-Silika Sebagai Membran Pemisah Ion Logam Zn²⁺ dan Fe²⁺* (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Semarang).
- Riantari, M. (2019). Preparasi dan karakterisasi kitosan-asam ferulat sebagai senyawa antioksidan di balai penelitian teknologi bahan alam lembaga ilmu pengetahuan Indonesia Yogyakarta. *E Library Chemical Analysis DIII Analisis Kimia UII*.
- Rochyatun, E., & Rozak, A. (2010). Pemantauan kadar logam berat dalam sedimen di perairan teluk Jakarta. *Makara Journal of Science*.
- Rohyami, Y. (2013). Penentuan Cu, Cd dan Pb dengan AAS Menggunakan Solid Phase Extraction. *Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 2(01), 19-25.
- Setiani, W., Sudiarti, T., & Rahmidar, L. (2013). Preparasi dan karakterisasi edible film dari poliblend pati sukun-kitosan. *Jurnal Kimia Valensi*, 3(2).
- Sugiyarto, K. H. (2000). Kimia Anorganik I. *Juridik Kimia, FMIPA UNY Yogyakarta*.
- Suksmerri, S. (2008). Dampak Pencemaran Logam Timah Hitam (Pb) terhadap Kesehatan. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Andalas*, 2(2), 200-202.
- Sulistiyawati, E., Wijaya, N. D., & Tantriyani, T. (2018, July). Adsorben Kitosan Sebagai Adsorben Logam Besi (Fe) pada Air Sumur di Lingkungan Teknik Kimia UPN "Veteran" Yogyakarta. In *Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan* (p. 10).
- Syarifina, A. (2019). Validasi Metode Penentuan Kadar Mangan (Mn) Dalam Air Tanah Dengan Spektrofotometer Serapan Atom Di Upt Laboratorium Kesehatan Sleman. *E Library Chemical Analyst. DIII Analisis Kimia UII*.
- Tiara, A. (2014). Penggunaan Adsorben Kitosan untuk Mengadsorpsi Ion Timbal (Pb²⁺) Pada Air Pertambangan di Bangka Belitung. *Skripsi*. Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.
- Umaningrum, D., Santoso, U. T., Nurmasari, R., & Yunus, R. (2010). Adsorption Kinetics of Pb (I), Cd (I) and Cr (Iii) on Adsorbent Produced By Protected-Crosslinking of Humic Acid-Chitosan. *Indonesian Journal of Chemistry*, 10(1), 80-87.

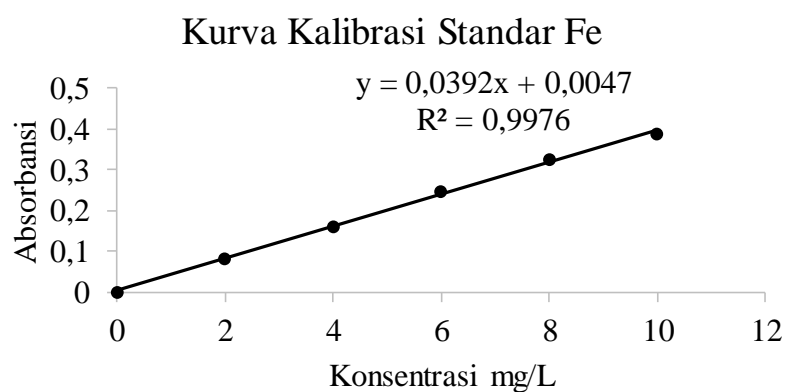
Prambangrum, W., Khabibi, K., & Djunaidi, M. C. (2009). Adsorpsi Ion Besi (III) dan Kadmium (II) Menggunakan Gel Kitosan. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 12(2), 47-51.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Pengujian Adsorpsi Logam Fe Oleh Kitosan Silika Dan Kitosan Silika Ditizon

1. Pengaruh pH

| Data Kurva Kalibrasi Larutan Standar Fe | | | | | |
|---|-----------------------|------------|-------|-------|-------------------------|
| No | Konsentrasi (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi Rata-rata |
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0000 |
| 2 | 2 | 0,084 | 0,083 | 0,083 | 0,0833 |
| 3 | 4 | 0,162 | 0,161 | 0,161 | 0,1613 |
| 4 | 6 | 0,248 | 0,249 | 0,248 | 0,2483 |
| 5 | 8 | 0,326 | 0,327 | 0,325 | 0,3260 |
| 6 | 10 | 0,387 | 0,387 | 0,385 | 0,3863 |



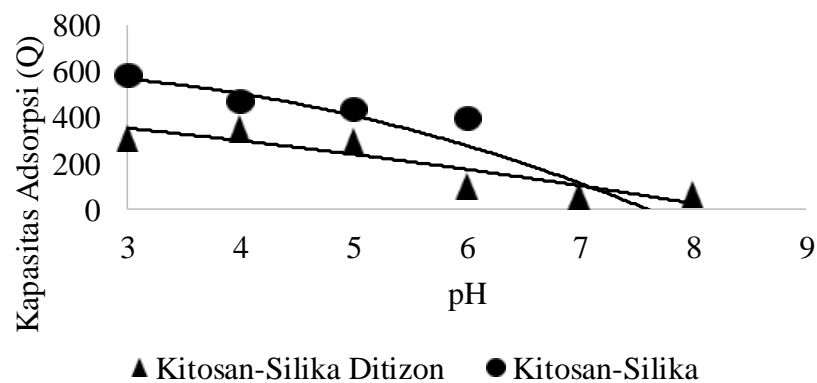
Data Konsentrasi Larutan Mula-mula (yang tidak diberi kitosan silika ditizon)

| No | pH | C Teoritis (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi rata-rata | C hasil uji (mg/L) |
|----|----|-------------------------|------------|-------|-------|-------------------------|-----------------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | | |
| 1 | 3 | 6 | 0,254 | 0,254 | 0,256 | 0,2547 | 6.3767 |
| 2 | 4 | 6 | 0,257 | 0,259 | 0,259 | 0,2583 | 6.4702 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|-------|-------|-------|--------|--------|
| 3 | 5 | 6 | 0,196 | 0,196 | 0,198 | 0,1967 | 4.8971 |
| 4 | 6 | 6 | 0,179 | 0,182 | 0,179 | 0,1800 | 4.4719 |
| 5 | 7 | 6 | 0,03 | 0,026 | 0,026 | 0,0273 | 0,5774 |
| 6 | 8 | 6 | 0,029 | 0,029 | 0,028 | 0,0287 | 0,6114 |

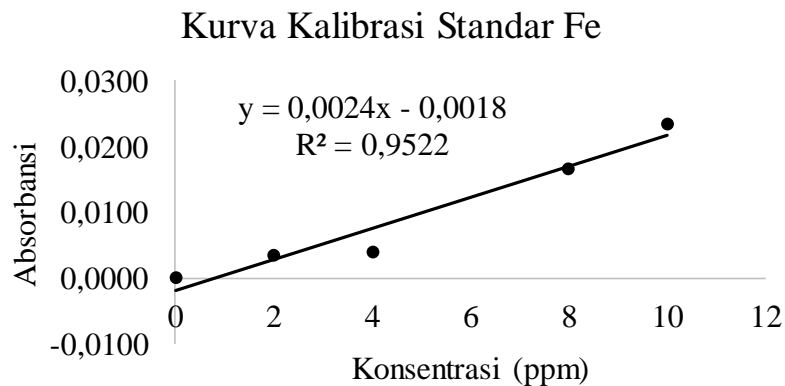
Data Konsentrasi Akhir (setelah diberi kitosan silika ditizon)

| No | pH | Massa kitosan silika ditizon (g) | C Teoritis (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi rata-rata | C hasil uji (mg/L) | Kapasitas adsorpsi |
|----|----|----------------------------------|-------------------|------------|--------|--------|----------------------|--------------------|--------------------|
| | | | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 3 | 0,1303 | 6 | 0,099 | 0,098 | 0,098 | 0,0983 | 2.3886 | 306.0702 |
| 2 | 4 | 0,13 | 6 | 0,079 | 0,078 | 0,077 | 0,0780 | 1.8699 | 353.8723 |
| 3 | 5 | 0,1305 | 6 | 0,045 | 0,045 | 0,045 | 0,0450 | 1.0281 | 296.4787 |
| 4 | 6 | 0,13 | 6 | 0,128 | 0,128 | 0,127 | 0,1277 | 3.1369 | 102.6949 |
| 5 | 7 | 0,1304 | 6 | -0,005 | -0,004 | -0,005 | -0,0047 | -0,2389 | 62.60173 |
| 6 | 8 | 0,1301 | 6 | -0,005 | -0,004 | -0,005 | -0,0047 | -0,2389 | 65.3605 |



2. Pengaruh Waktu

| Data Kurva Kalibrasi Larutan Standar Fe | | | | | |
|---|-----------------------|------------|-------|-------|-------------------------|
| No | Konsentrasi (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi Rata-rata |
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 2 | 0,002 | 0,004 | 0,004 | 0,0033 |
| 3 | 4 | 0,005 | 0,004 | 0,003 | 0,004 |
| 4 | 6 | 0,004 | 0,005 | 0,003 | 0,004 |
| 5 | 8 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,0166 |
| 6 | 10 | 0,03 | 0,01 | 0,03 | 0,0233 |

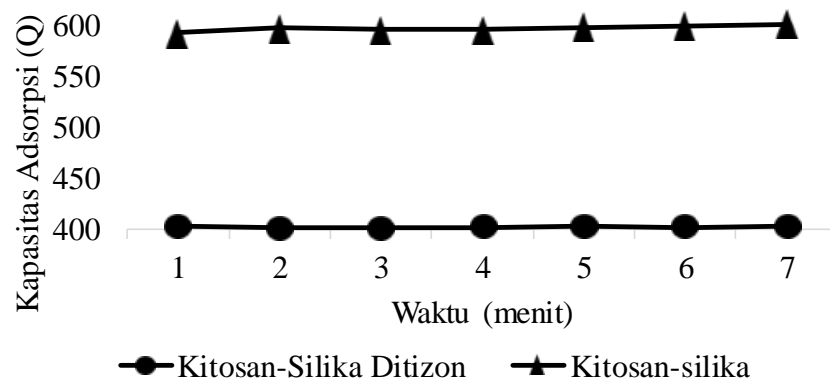


| Data Konsentrasi Akhir (setelah diberi kitosan silika ditizon) | | | | | | | |
|--|--------------------|------------|--------|--------|------------------------------|------------|------------------------------------|
| No | m Sensor (g) | Absorbansi | | | Absorban si Rata- rata | C (ppm) | Kapasitas Adsorpsi (mg/gram) |
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 0,1305 | -0,007 | -0,007 | -0,007 | 0 | 0,7500 | 402.2988506 |
| 2 | 0,1309 | -0,004 | -0,005 | -0,006 | 0 | 0,7500 | 401.0695187 |
| 3 | 0,1309 | -0,004 | -0,004 | -0,004 | 0 | 0,7500 | 401.0695187 |
| 4 | 0,1306 | -0,006 | -0,006 | -0,006 | 0 | 0,7500 | 401.9908116 |
| 5 | 0,1305 | -0,008 | -0,007 | -0,008 | 0 | 0,7500 | 402.2988506 |
| 6 | 0,1307 | -0,012 | -0,012 | -0,012 | 0 | 0,7500 | 401.6832441 |

| | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|---|--------|-------------|
| 7 | 0,1303 | -0,014 | -0,015 | -0,015 | 0 | 0,7500 | 402.9163469 |
|---|--------|--------|--------|--------|---|--------|-------------|

Data Konsentrasi Akhir (setelah diberi kitosan silika)

| No | m Sensor (g) | Absorbansi | | | Absorba nsi Rata- rata | C (ppm) | Kapasitas Adsorpsi (mg/gram) |
|----|--------------------|------------|--------|--------|------------------------------|------------|------------------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 0,1005 | 0,003 | 0,004 | 0,003 | 0,0033 | 0,0450 | 592.5399458 |
| 2 | 0,1001 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,0020 | 0,0238 | 597.0220256 |
| 3 | 0,1005 | 0,002 | 0,001 | 0,001 | 0,0013 | 0,0132 | 595.6987549 |
| 4 | 0,1005 | 0,002 | 0,001 | 0,001 | 0,0013 | 0,0132 | 595.6987549 |
| 5 | 0,1005 | -0,002 | 0,001 | 0,001 | 0,0000 | -0,0079 | 597.8046277 |
| 6 | 0,1002 | -0,001 | -0,001 | -0,001 | 0,0000 | -0,0079 | 599.5944619 |
| 7 | 0,1002 | -0,001 | -0,001 | -0,001 | -0,0010 | -0,0238 | 601.1785952 |

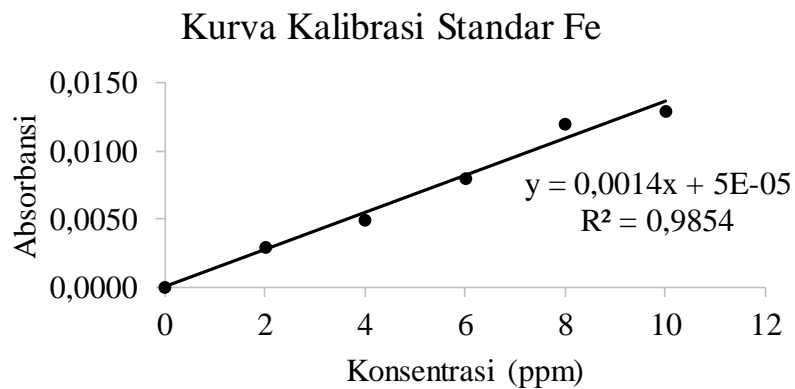


3. Pengaruh Massa

Data Kurva Kalibrasi Larutan Standar

| No | Konsentrasi (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi Rata-rata |
|----|-----------------------|------------|-------|-------|-------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0000 |
| 2 | 2 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,0030 |

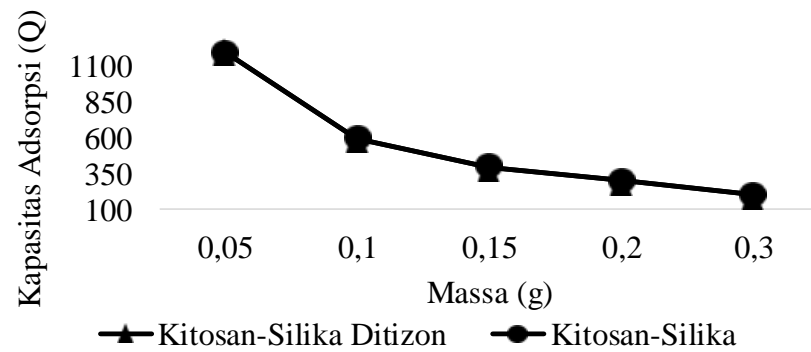
| | | | | | |
|---|----|-------|-------|-------|--------|
| 3 | 4 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,0050 |
| 4 | 6 | 0,008 | 0,008 | 0,008 | 0,0080 |
| 5 | 8 | 0,012 | 0,012 | 0,012 | 0,0120 |
| 6 | 10 | 0,013 | 0,013 | 0,013 | 0,0130 |



| Data Konsentrasi Akhir (setelah diberi kitosan silika ditizon) | | | | | | | | |
|--|------------------------------|-------------------|------------|--------|--------|----------------------|--------------------|------------------------------|
| No | m kitosan silika ditizon (g) | C Teoritis (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi rata-rata | C hasil uji (mg/L) | Kapasitas Adsorpsi (mg/gram) |
| | | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 0,0501 | 6 | -0,002 | -0,002 | -0,002 | 0,0000 | 0,0000 | 1197.605 |
| 2 | 0,1002 | 6 | -0,002 | -0,002 | -0,002 | 0,0000 | 0,0000 | 598.8024 |
| 3 | 0,1504 | 6 | -0,003 | -0,003 | -0,003 | 0,0000 | 0,0000 | 398.9362 |
| 4 | 0,2001 | 6 | -0,003 | -0,003 | -0,003 | 0,0000 | 0,0000 | 299.8501 |
| 5 | 0,3002 | 6 | -0,003 | -0,004 | -0,004 | 0,0000 | 0,0000 | 199.8668 |

| Data Konsentrasi Akhir (setelah diberi kitosan silika) | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------------------|------------|--------|--------|----------------------|--------------------|------------------------------|
| No | m kitosan silika (g) | C Teoritis (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi rata-rata | C hasil uji (mg/L) | Kapasitas Adsorpsi (mg/gram) |
| | | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 0,0503 | 6 | -0,003 | -0,003 | -0,003 | 0,0000 | 0,0000 | 1192.843 |
| 2 | 0,1002 | 6 | -0,003 | -0,003 | -0,004 | 0,0000 | 0,0000 | 598.8024 |

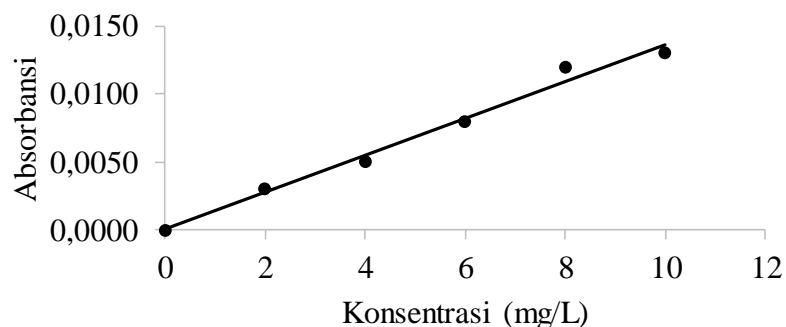
| | | | | | | | | |
|---|--------|---|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 3 | 0,1504 | 6 | -0,004 | -0,004 | -0,004 | 0,0000 | 0,0000 | 398.9362 |
| 4 | 0,2003 | 6 | -0,004 | -0,004 | -0,004 | 0,0000 | 0,0000 | 299.5507 |
| 5 | 0,3003 | 6 | -0,004 | -0,005 | -0,004 | 0,0000 | 0,0000 | 199.8002 |



4. Pengaruh Konsentrasi

| Data Kurva Kalibrasi Larutan Standar | | | | | |
|--------------------------------------|-------------|------------|--------|--------|-------------------------|
| No | C (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi Rata-rata |
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0000 |
| 2 | 2 | 0,0030 | 0,0030 | 0,0030 | 0,0030 |
| 3 | 4 | 0,0050 | 0,0050 | 0,0050 | 0,0050 |
| 4 | 6 | 0,0080 | 0,0080 | 0,0080 | 0,0080 |
| 5 | 8 | 0,0120 | 0,0120 | 0,0120 | 0,0120 |
| 6 | 10 | 0,0130 | 0,0130 | 0,0130 | 0,0130 |

Kurva Kalibrasi Standar Larutan Fe



Keterangan Kurva Kalibrasi Standar Larutan Fe

| | |
|--------------------|-------------|
| Slope | 0,001357143 |
| intercept | 4.7619E-05 |
| Koefisien korelasi | 0,992693966 |

Data Konsentrasi Mula-mula (yang tidak diberi kitosan silika)

| No | pH | C Teoritis (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi rata-rata | Konsentrasi hasil uji (mg/L) |
|----|----|-------------------------|------------|--------|--------|-------------------------|------------------------------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | | |
| 1 | 6 | 10 | 0,0080 | 0,0080 | 0,0080 | 0,0080 | 5.8596 |
| 2 | 6 | 20 | 0,0120 | 0,0120 | 0,0120 | 0,0120 | 8.8070 |
| 3 | 6 | 30 | 0,0170 | 0,0170 | 0,0170 | 0,0170 | 12.4912 |
| 4 | 6 | 40 | 0,0530 | 0,0530 | 0,0530 | 0,0530 | 39.0175 |
| 5 | 6 | 50 | 0,0680 | 0,0690 | 0,0690 | 0,0687 | 50,5614 |

Data Konsentrasi Akhir setelah diberi (Kitosan silika)

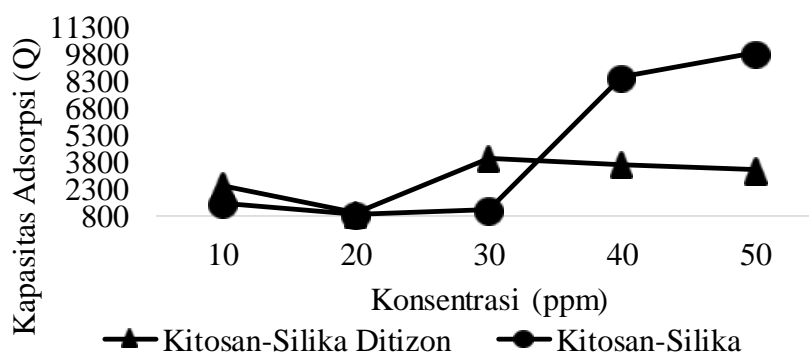
| No | m kitosan | C Teoritis (ppm) | Absorbansi | | | Absorba nsi rata- rata | C hasil uji (mg/L) | Kapasitas Adsorpsi (mg/gram) |
|----|--------------|------------------------|------------|---|---|------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | | | |

silika
(g)

| | | | | | | | | |
|---|--------|----|---------|---------|---------|--------|--------|-------------|
| 1 | 0,0501 | 10 | -0,0020 | -0,0020 | -0,0020 | 0,0000 | 0,0000 | 1169.590643 |
| 2 | 0,0500 | 20 | 0,0070 | 0,0060 | 0,0060 | 0,0063 | 4.6316 | 835.0877193 |
| 3 | 0,0501 | 30 | 0,0100 | 0,0090 | 0,0090 | 0,0093 | 6.8421 | 1127.569423 |
| 4 | 0,0502 | 40 | -0,0040 | -0,0050 | -0,0050 | 0,0000 | 0,0000 | 7772.419096 |
| 5 | 0,0501 | 50 | 0,0020 | 0,0020 | 0,0020 | 0,0020 | 1.4386 | 9804.951501 |

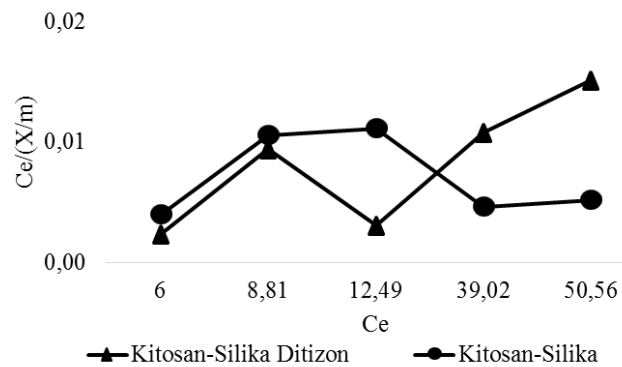
Data Konsentrasi Akhir setelah diberi (Kitosan silika ditizon)

| No | m kitosan silika (g) | C Teoritis (ppm) | Absorbansi | | | Absorbansi rata-rata | C hasil uji (mg/L) | Kapasitas Adsorpsi (mg/gram) |
|----|-------------------------------|------------------------|------------|---------|---------|-------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 0,0501 | 10 | -0,0090 | -0,0090 | -0,0090 | -0,0090 | -6.6667 | 2500,262633 |
| 2 | 0,05 | 20 | 0,0070 | 0,0050 | 0,0050 | 0,0057 | 4.1404 | 933.3333333 |
| 3 | 0,0502 | 30 | -0,0100 | -0,0100 | -0,0110 | -0,0103 | -7.6491 | 4012.022087 |
| 4 | 0,0502 | 40 | 0,0270 | 0,0300 | 0,0280 | 0,0283 | 20,8421 | 3620,605298 |
| 5 | 0,05 | 50 | 0,0460 | 0,0460 | 0,0460 | 0,0460 | 33.8596 | 3340,350877 |

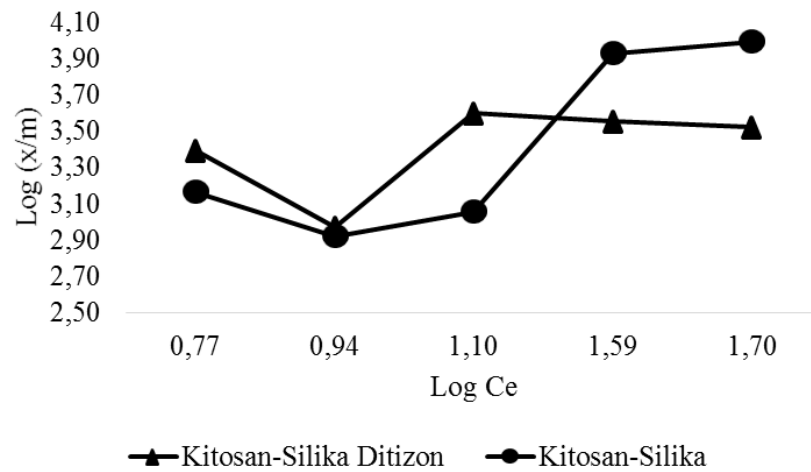


5. Isoterm Adsorpsi

| C Awal (ppm) | Ce (ppm) | X/m (sil-dit) | X/m (sil) | Ce/ (x/m) sil-dit | Ce/ (x/m) sil | Log Ce | log (x/m) (sil-dit) | log (x/m) sil |
|--------------|----------|---------------|-----------|-------------------|---------------|--------|---------------------|---------------|
| 10 | 5.8596 | 2500,2626 | 1470,7427 | 0,0023 | 0,0040 | 0,7679 | 3.3980 | 3.1675 |
| 20 | 8.8070 | 933.3333 | 835.0877 | 0,0094 | 0,0105 | 0,9448 | 2.9700 | 2.9217 |
| 30 | 12.4912 | 4012.0221 | 1127.5694 | 0,0031 | 0,0110 | 1.0966 | 3.6034 | 3.0521 |
| 40 | 39.0175 | 3620,6053 | 8464.3880 | 0,0107 | 0,0046 | 1.5912 | 3.5588 | 3.9276 |
| 50 | 50,5614 | 3340,3508 | 9804.9515 | 0,0151 | 0,0051 | 1.7038 | 3.5238 | 3.9914 |



Gambar 4. 31 Kurva Isoterm *Langmuir* untuk Logam Fe



Gambar 4. 32 Kurva Isoterm *Freundlich* untuk Logam Fe

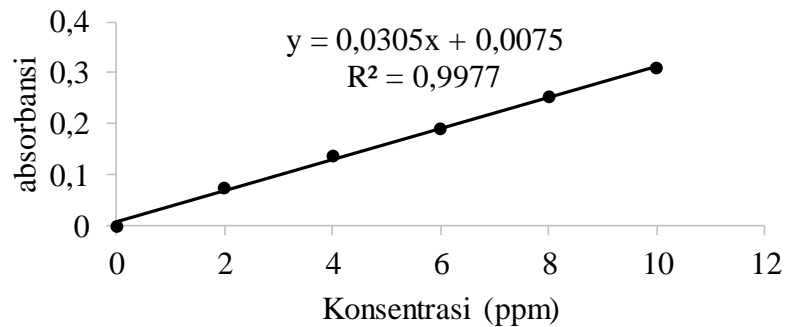
| Keterangan | <i>Langmuir</i> | | <i>Freundlich</i> | |
|------------------|-----------------|---------|-------------------|--------|
| | KS | KSD | KS | KSD |
| R ² | 0,0272 | 0,6226 | 0,6829 | 0,2653 |
| <i>Slope</i> | -0,0004 | 0,0027 | 0,2654 | 0,084 |
| <i>Intercept</i> | 0,0082 | 0,00005 | 2,616 | 3,1587 |

Lampiran 2. Perhitungan Pengujian Adsorpsi Logam Cd Oleh Kitosan Silika Dan Kitosan Silika Ditizon

1. Pengaruh pH

| Data Kurva Kalibrasi Larutan Standar Cd | | | | | |
|---|--------------------|------------|--------|--------|----------------------|
| No | Konsentrasi (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi Rata-rata |
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | 0 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 2 | 0,0730 | 0,0730 | 0,0730 | 0,0730 |
| 3 | 4 | 0,1360 | 0,1350 | 0,1380 | 0,1363 |
| 4 | 6 | 0,1920 | 0,1860 | 0,1880 | 0,1887 |
| 5 | 8 | 0,2540 | 0,2520 | 0,2530 | 0,2530 |
| 6 | 10 | 0,3060 | 0,3100 | 0,3080 | 0,3080 |

Kurva Kalibrasi Standar Cd



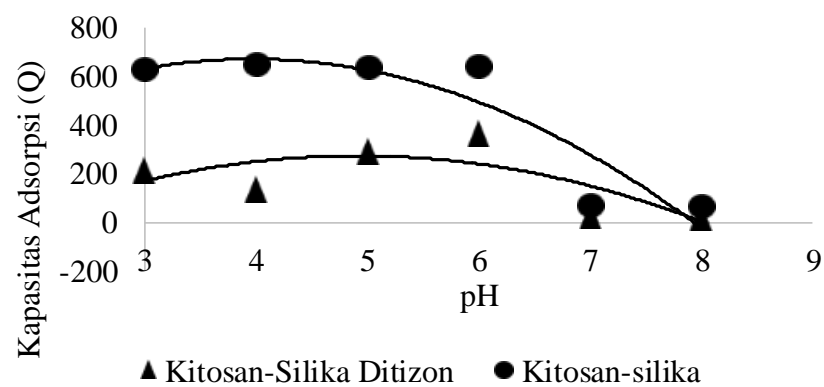
| Data Konsentrasi Mula-mula (yang tidak diberi kitosan silika ditizon) | | | | | | | |
|---|----|-----------------------------|------------|--------|--------|----------------------|------------------------------|
| No | pH | Konsentrasi Teoritis (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi rata-rata | Konsentrasi hasil uji (mg/L) |
| | | | 1 | 2 | 3 | | |
| 1 | 1 | 6 | 0,2020 | 0,2040 | 0,1970 | 0,2010 | 6.3443 |
| 2 | 2 | 6 | 0,2110 | 0,1990 | 0,2050 | 0,2050 | 6.4754 |
| 3 | 3 | 6 | 0,1980 | 0,2010 | 0,2020 | 0,2003 | 6.3224 |
| 4 | 4 | 6 | 0,2000 | 0,1970 | 0,1960 | 0,1977 | 6.2350 |
| 5 | 5 | 6 | 0,0160 | 0,0180 | 0,0150 | 0,0163 | 0,2896 |
| 6 | 6 | 6 | 0,0100 | 0,0120 | 0,0120 | 0,0113 | 0,1257 |

| Data Konsentrasi Akhir (setelah diberi kitosan silika ditizon) | | | | | | | | | |
|--|----|------------------------------|-----------------------------|------------|---------|---------|----------------------|------------------------------|------------------------------|
| No | pH | m kitosan silika ditizon (g) | Konsentrasi Teoritis (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi rata-rata | Konsentrasi hasil uji (mg/L) | Kapasitas Adsorpsi (mg/gram) |
| | | | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 3 | 0,1303 | 6 | 0,1180 | 0,1150 | 0,1110 | 0,1147 | 3.5137 | 217.2372 |
| 2 | 4 | 0,13 | 6 | 0,1500 | 0,1490 | 0,1520 | 0,1503 | 4.6831 | 137.8731 |
| 3 | 5 | 0,1302 | 6 | 0,0820 | 0,0830 | 0,0840 | 0,0830 | 2.4754 | 295.4681 |
| 4 | 6 | 0,1301 | 6 | 0,0510 | 0,0530 | 0,0520 | 0,0520 | 1.4590 | 367.0989 |
| 5 | 7 | 0,1302 | 6 | 0,0010 | 0,0030 | 0,0020 | 0,0020 | -0,1803 | 36.09411 |
| 6 | 8 | 0,1304 | 6 | 0,0000 | -0,0010 | -0,0010 | -0,0007 | -0,2678 | 30,17198 |

Data Konsentrasi Akhir (setelah diberi kitosan silika)

| No | pH | Absorbansi |
|----|----|------------|
|----|----|------------|

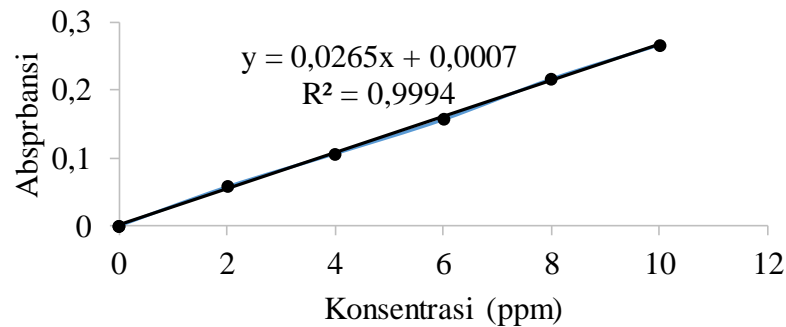
| | | m kitosan silika (g) | Konsentrasi Teoritis (mg/L) | 1 | 2 | 3 | Absorbansi rata-rata | Konsentrasi hasil uji (mg/L) | Kapasitas Adsorpsi (mg/gram) |
|---|---|----------------------|-----------------------------|---------|---------|---------|----------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1 | 3 | 0,1002 | 6 | -0,0060 | -0,0050 | -0,0070 | -0,0060 | 0,0492 | 628.2517 |
| 2 | 4 | 0,1004 | 6 | -0,0070 | -0,0060 | -0,0100 | -0,0077 | -0,0055 | 645.5054 |
| 3 | 5 | 0,1003 | 6 | -0,0120 | -0,0130 | -0,0010 | -0,0087 | -0,0383 | 634.1631 |
| 4 | 6 | 0,1004 | 6 | -0,0130 | -0,0140 | -0,0140 | -0,0137 | -0,2022 | 641.1512 |
| 5 | 7 | 0,1005 | 6 | -0,0160 | -0,0210 | -0,0200 | -0,0190 | -0,3770 | 66.33499 |
| 6 | 8 | 0,1001 | 6 | -0,0210 | -0,0220 | -0,0200 | -0,0210 | -0,4426 | 56.77383 |



2. Pengaruh Waktu

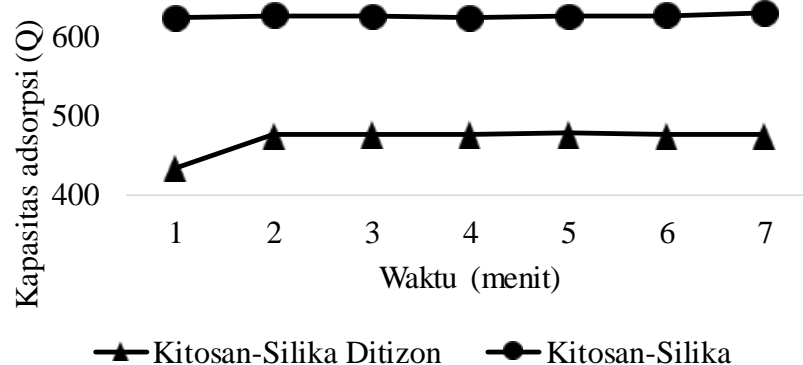
| Data Kurva Kalibrasi Larutan Standar | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------|------------|--------|--------|----------------------|
| No | Konsentrasi (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi Rata-rata |
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | 0 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 2 | 0,0580 | 0,0570 | 0,0570 | 0,0573 |
| 3 | 4 | 0,1060 | 0,1060 | 0,1060 | 0,1060 |
| 4 | 6 | 0,1570 | 0,1540 | 0,1570 | 0,1560 |
| 5 | 8 | 0,2160 | 0,2180 | 0,2130 | 0,2157 |
| 6 | 10 | 0,2640 | 0,2640 | 0,2690 | 0,2657 |

kurva Kalibrasi Standar Cd



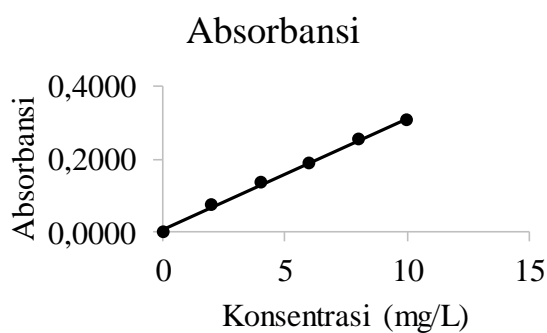
| Data Konsentrasi Akhir (setelah diberi kitosan silika ditizon) | | | | | | | |
|--|------------------|------------|---------|---------|----------------------|-------------------|------------------------------|
| No | Massa Sensor (g) | Absorbansi | | | Absorbansi Rata-rata | Konsentrasi (ppm) | Kapasitas Adsorpsi (mg/gram) |
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 0,1304 | 0,0140 | 0,0140 | 0,0140 | 0,014 | 0,5698 | 434.4470 |
| 2 | 0,1306 | -0,0140 | -0,0150 | -0,0150 | 0 | 0,0210 | 475.8056 |
| 3 | 0,1303 | -0,0170 | -0,0170 | -0,0180 | 0 | 0,0210 | 476.9011 |
| 4 | 0,1303 | -0,0190 | -0,0200 | -0,0200 | 0 | 0,0210 | 476.9011 |
| 5 | 0,1301 | -0,0200 | -0,0220 | -0,0210 | 0 | 0,0210 | 477.6342 |
| 6 | 0,1305 | -0,0220 | -0,0230 | -0,0220 | 0 | 0,0210 | 476.1702 |
| 7 | 0,1305 | -0,0230 | -0,0250 | -0,0230 | 0 | 0,0210 | 476.1702 |

| Data Konsentrasi Akhir (setelah diberi kitosan silika) | | | | | | | |
|--|------------------|------------|--------|--------|----------------------|-------------------|------------------------------|
| No | Massa Sensor (g) | Absorbansi | | | Absorbansi Rata-rata | Konsentrasi (ppm) | Kapasitas Adsorpsi (mg/gram) |
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 0,1006 | 0 | 0 | 0 | 0,0000 | -0,0415 | 623.9075 |
| 2 | 0,1 | 0 | 0 | 0 | 0,0000 | -0,0415 | 627.6509 |
| 3 | 0,1002 | 0 | 0 | 0 | 0,0000 | -0,0415 | 626.3981 |
| 4 | 0,1006 | 0 | 0 | 0 | 0,0000 | -0,0415 | 623.9075 |
| 5 | 0,1003 | 0 | 0 | 0 | 0,0000 | -0,0415 | 625.7736 |
| 6 | 0,1003 | 0 | -0,001 | 0 | -0,0003 | -0,0541 | 627.0277 |
| 7 | 0,1002 | -0,001 | -0,001 | -0,001 | -0,0010 | -0,0792 | 630,1642 |



3. Pengaruh Massa

| Data Kurva Kalibrasi Larutan Standar | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------|------------|--------|--------|----------------------|
| No | Konsentrasi (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi Rata-rata |
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | 0 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 2 | 0,1170 | 0,1180 | 0,1180 | 0,1177 |
| 3 | 4 | 0,2140 | 0,2130 | 0,2160 | 0,2143 |
| 4 | 6 | 0,3530 | 0,3550 | 0,3540 | 0,3540 |
| 5 | 8 | 0,3960 | 0,3920 | 0,3910 | 0,3930 |
| 6 | 10 | 0,4770 | 0,4770 | 0,4730 | 0,4757 |

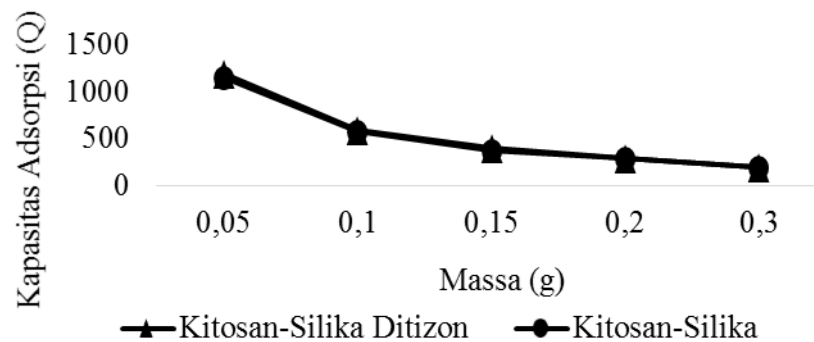


Keterangan Kurva Kalibrasi

| | |
|--------------------|----------|
| Slope | 0,047771 |
| intercept | 0,020254 |
| Koefisien korelasi | 0,990044 |

| Data Konsentrasi Akhir (setelah diberi kitosan silika) | | | | | | | | |
|--|--------------------------|-----------------------------|------------|--------|--------|----------------------|------------------------------|------------------------------|
| No | Massa kitosan silika (g) | Konsentrasi Teoritis (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi rata-rata | Konsentrasi hasil uji (mg/L) | Kapasitas Adsorpsi (mg/gram) |
| | | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 0,0501 | 6 | 0,0800 | 0,0770 | 0,0790 | 0,0787 | 1.2228 | 1150,4105 |
| 2 | 0,1000 | 6 | 0,0770 | 0,0820 | 0,0800 | 0,0797 | 1.2437 | 574.2624 |
| 3 | 0,1504 | 6 | 0,0780 | 0,0830 | 0,0800 | 0,0803 | 1.2576 | 380,8955 |
| 4 | 0,2005 | 6 | 0,0800 | 0,0760 | 0,0750 | 0,0770 | 1.1879 | 289.1992 |
| 5 | 0,3007 | 6 | 0,0760 | 0,0800 | 0,0770 | 0,0777 | 1.2018 | 192.3675 |

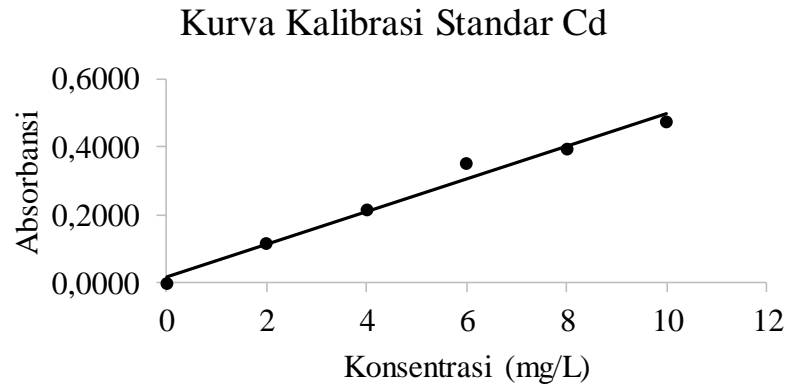
| Data Konsentrasi Akhir (setelah diberi kitosan silikaditizon) | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|-----------------------------|------------|---------|---------|----------------------|------------------------------|------------------------------|
| No | Massa kitosan silika ditizon (g) | Konsentrasi Teoritis (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi rata-rata | Konsentrasi hasil uji (mg/L) | Kapasitas Adsorpsi (mg/gram) |
| | | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 0,0502 | 6 | -0,0040 | -0,0050 | -0,0040 | -0,0043 | 0,0000 | 1195.2191 |
| 2 | 0,1002 | 6 | 0,0010 | 0,0000 | -0,0010 | 0,0000 | 0,0000 | 598.8024 |
| 3 | 0,1500 | 6 | 0,0010 | -0,0060 | -0,0040 | -0,0030 | 0,0000 | 400,0000 |
| 4 | 0,2000 | 6 | -0,0050 | 0,0010 | 0,0000 | -0,0013 | 0,0000 | 300,0000 |
| 5 | 0,3000 | 6 | -0,0080 | -0,0030 | -0,0080 | -0,0063 | 0,0000 | 200,0000 |



4. Pengaruh Konsentrasi

| Data Kurva Kalibrasi Larutan Standar | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------|------------|--------|--------|----------------------|
| No | Konsentrasi (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi Rata-rata |
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | 0 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 2 | 0,1170 | 0,1180 | 0,1180 | 0,1177 |
| 3 | 4 | 0,2140 | 0,2130 | 0,2160 | 0,2143 |

| | | | | | |
|---|----|--------|--------|--------|--------|
| 4 | 6 | 0,3530 | 0,3550 | 0,3540 | 0,3540 |
| 5 | 8 | 0,3960 | 0,3920 | 0,3910 | 0,3930 |
| 6 | 10 | 0,4770 | 0,4770 | 0,4730 | 0,4757 |



Keterangan Kurva Kalibrasi

| | |
|--------------------|------------|
| Slope | 0,04777143 |
| intercept | 0,02025397 |
| Koefisien korelasi | 0,99004431 |

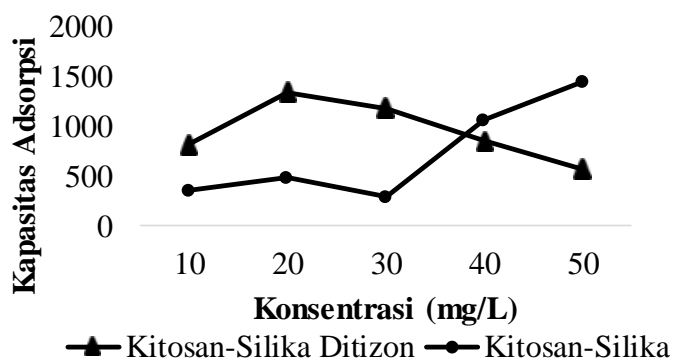
| Data Konsentrasi Mula-mula (yang tidak diberi kitosan silika) | | | | | | | |
|---|----|-----------------------------|------------|--------|--------|----------------------|------------------------------|
| No | pH | Konsentrasi Teoritis (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi rata-rata | Konsentrasi hasil uji (mg/L) |
| | | | 1 | 2 | 3 | | |
| 1 | 6 | 10 | 0,3450 | 0,3460 | 0,3460 | 0,3457 | 6.8119 |
| 2 | 6 | 20 | 0,5550 | 0,5460 | 0,5470 | 0,5493 | 11.0752 |
| 3 | 6 | 30 | 0,6560 | 0,6480 | 0,6450 | 0,6497 | 13.1755 |
| 4 | 6 | 40 | 0,7350 | 0,7280 | 0,7350 | 0,7327 | 14.9129 |
| 5 | 6 | 50 | 0,8170 | 0,8170 | 0,8170 | 0,8170 | 16.6783 |

| Data Konsentrasi Akhir (setelah diberi kitosan silika) | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------------------|------------|--------|--------|----------------------|-------------------------|------------------------------|
| No | m kitosan silika (g) | Konsentrasi (ppm) | Absorbansi | | | Absorbansi rata-rata | Konsentrasi hasil (ppm) | Kapasitas Adsorpsi (mg/gram) |
| | | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 0,0501 | 10 | 0,2590 | 0,2590 | 0,2590 | 0,2590 | 4.9977 | 362.1147 |
| 2 | 0,0501 | 20 | 0,4320 | 0,4340 | 0,4390 | 0,4350 | 8.6819 | 477.7128 |
| 3 | 0,0502 | 30 | 0,5840 | 0,5770 | 0,5750 | 0,5787 | 11.6893 | 296.0645 |
| 4 | 0,0501 | 40 | 0,5180 | 0,4890 | 0,4270 | 0,4780 | 9.5820 | 1064.0601 |
| 5 | 0,0502 | 50 | 0,5040 | 0,4530 | 0,4510 | 0,4693 | 9.4006 | 1449.7433 |

Data Konsentrasi Akhir (setelah diberi kitosan silika ditizon)

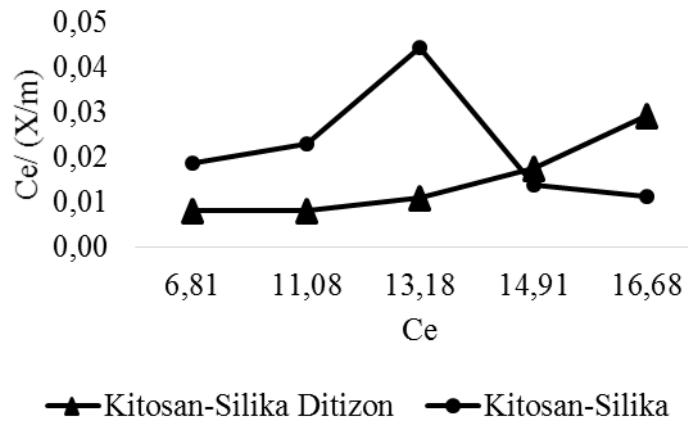
| No | m kitosan silika ditizon (g) | Konsentrasi (ppm) | Absorbansi | | | Absorbansi rata-rata | Konsentrasi hasil uji (ppm) | Kapasitas Adsorpsi (mg/gram) |
|----|------------------------------|-------------------|------------|--------|--------|----------------------|-----------------------------|------------------------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 0,0502 | 10 | 0,1500 | 0,1490 | 0,1530 | 0,1507 | 2.7299 | 813.1350 |
| 2 | 0,0501 | 20 | 0,2360 | 0,2240 | 0,2300 | 0,2300 | 4.3906 | 1334.2533 |
| 3 | 0,05 | 30 | 0,3710 | 0,3630 | 0,3720 | 0,3687 | 7.2933 | 1176.4354 |
| 4 | 0,0504 | 40 | 0,5310 | 0,5250 | 0,5290 | 0,5283 | 10,6356 | 848.6731 |
| 5 | 0,0501 | 50 | 0,6830 | 0,6820 | 0,6770 | 0,6807 | 13.8244 | 569.6342 |

5. Isoterm

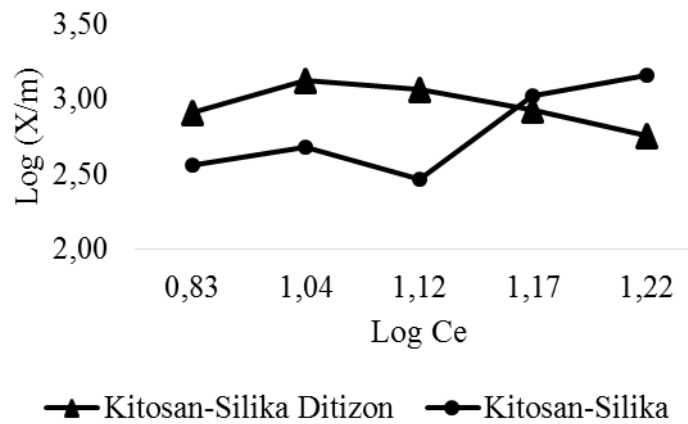


Adsorpsi

| C Awal (ppm) | Ce (ppm) | X/m (sil-dit) | X/m (sil) | Ce/ (x/m) sil-dit | Ce/ (x/m) sil | Log Ce | log (x/m) (sil-dit) | log (x/m) sil |
|--------------|----------|---------------|------------|-------------------|---------------|---------|---------------------|---------------|
| 10 | 6.8119 | 813.13502 | 362.114686 | 0,008377 | 0,01881136 | 0,83327 | 2.9101627 | 2.558846 |
| 20 | 11.0752 | 1334.2533 | 477.712836 | 0,008301 | 0,02318386 | 1.04435 | 3.1252383 | 2.679167 |
| 30 | 13.1755 | 1176.4354 | 296.064546 | 0,0112 | 0,04450214 | 1.11977 | 3.0705681 | 2.471386 |
| 40 | 14.9129 | 848.67313 | 1064.06008 | 0,017572 | 0,01401513 | 1.17356 | 2.9287405 | 3.026966 |
| 50 | 16.6783 | 569.63426 | 1449.74329 | 0,029279 | 0,01150431 | 1.22215 | 2.7555961 | 3.161291 |



Gambar 4. 33 Kurva Isoterm *Langmuir* untuk Logam Cd



Gambar 4. 34 Kurva Isoterm *Freundlich* untuk Logam Cd

| Keterangan | <i>Langmuir</i> | | <i>Freundlich</i> | |
|------------------|-----------------|---------------|-------------------|--------|
| | KS | KSD | KS | KSD |
| R ² | 0,0819 | 0,8316 | 0,6684 | 0,3017 |
| <i>Slope</i> | -0,0024 | 0,0051 | 0,1553 | 0,0506 |
| <i>Intercept</i> | 0,0295 | -0,0004 | 2,3137 | 3,1098 |
| a | - | -2500* | - | - |
| b | - | -12,75* | - | - |

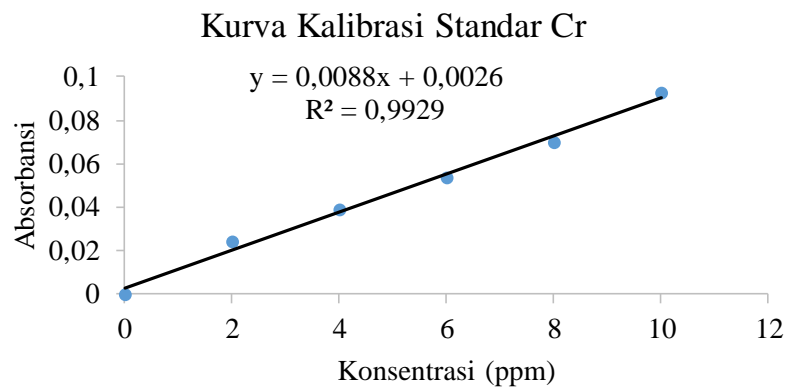
Ket * :

Untuk R² yang memenuhi syarat > 0,8 dihitung nilai a dan b dimana 1/a = intersep dan b/a = *slope*

Lampiran 3. Perhitungan Pengujian Adsorpsi Logam Cr Oleh Kitosan Silika Dan Kitosan Silika Ditizon

1. Pengaruh pH

| Data Kurva Kalibrasi Larutan Standar | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------|------------|--------|--------|----------------------|
| No | Konsentrasi (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi Rata-rata |
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | 0 | 0,000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 2 | 0,0240 | 0,0240 | 0,0240 | 0,0240 |
| 3 | 4 | 0,0400 | 0,0390 | 0,0380 | 0,0390 |
| 4 | 6 | 0,0540 | 0,0530 | 0,0540 | 0,0537 |
| 5 | 8 | 0,0700 | 0,0700 | 0,0700 | 0,0700 |
| 6 | 10 | 0,0900 | 0,0980 | 0,0900 | 0,0927 |



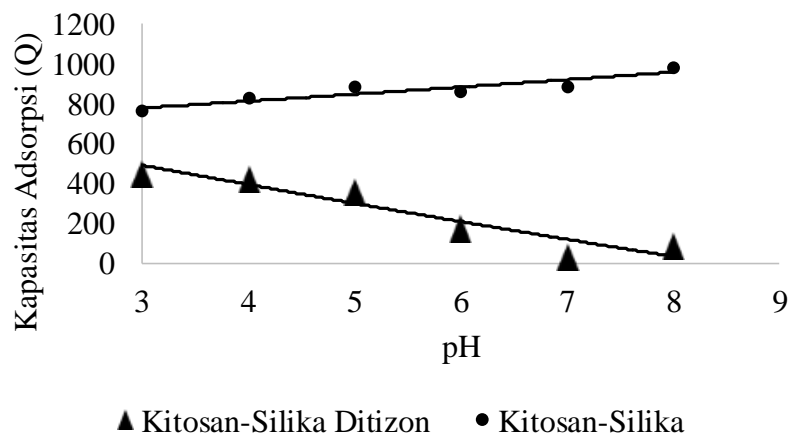
| Data Konsentrasi Mula-mula (yang tidak diberi kitosan silika ditizon) | | | | | | | |
|---|----|-----------------------------|------------|-------|-------|----------------------|------------------------------|
| No | pH | Konsentrasi Teoritis (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi rata-rata | Konsentrasi hasil uji (mg/L) |
| | | | 1 | 2 | 3 | | |
| 1 | 3 | 6 | 0,059 | 0,062 | 0,064 | 0,0617 | 6.7121 |
| 2 | 4 | 6 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,0600 | 6.5227 |
| 3 | 5 | 6 | 0,061 | 0,061 | 0,061 | 0,0610 | 6.6364 |
| 4 | 6 | 6 | 0,062 | 0,062 | 0,063 | 0,0623 | 6.7879 |
| 5 | 7 | 6 | 0,062 | 0,065 | 0,067 | 0,0647 | 7.0530 |
| 6 | 8 | 6 | 0,069 | 0,07 | 0,069 | 0,0693 | 7.5833 |

| Data Konsentrasi Akhir (setelah diberi kitosan silika ditizon) | |
|--|------------|
| No | Absorbansi |

| | | Massa kitosan silika ditizon (g) | Konsentrasi Teoritis (mg/L) | 1 | 2 | 3 | Absorbansi rata-rata | Konsentrasi hasil uji (mg/L) | Kapasitas Adsorpsi (mg/gram) |
|---|---|----------------------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|----------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1 | 3 | 0,1304 | 6 | 0,01 | 0,009 | 0,01 | 0,0097 | 0,8030 | 453.151 |
| 2 | 4 | 0,1302 | 6 | 0,011 | 0,011 | 0,011 | 0,0110 | 0,9545 | 427.664 |
| 3 | 5 | 0,13 | 6 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,0200 | 1.9773 | 358.392 |
| 4 | 6 | 0,1301 | 6 | 0,041 | 0,042 | 0,042 | 0,0417 | 4.4394 | 180,514 |
| 5 | 7 | 0,1304 | 6 | 0,062 | 0,061 | 0,06 | 0,0610 | 6.6364 | 31.953 |
| 6 | 8 | 0,13 | 6 | 0,059 | 0,061 | 0,059 | 0,0597 | 6.4848 | 84.4988 |

Data Konsentrasi Akhir (setelah diberi kitosan silika)

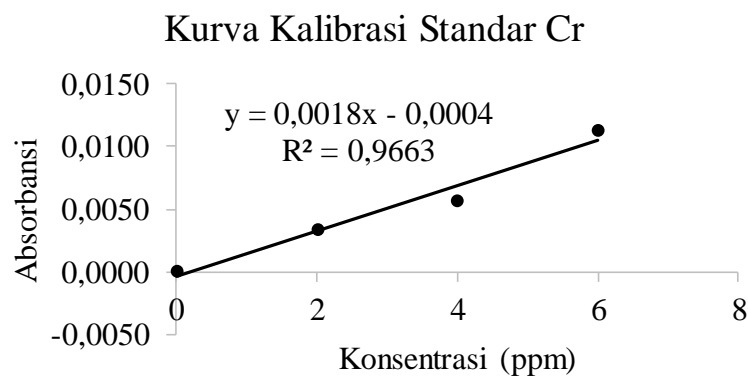
| No | pH | Massa kitosan silika (g) | Konsentrasi Teoritis (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi rata-rata | Konsentrasi hasil uji (mg/L) | Kapasitas Adsorpsi (mg/gram) |
|----|----|--------------------------|-----------------------------|------------|--------|--------|----------------------|------------------------------|------------------------------|
| | | | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 3 | 0,1004 | 6 | -0,003 | -0,004 | -0,005 | -0,0040 | -0,9130 | 759.479 |
| 2 | 4 | 0,1008 | 6 | -0,007 | -0,008 | -0,009 | -0,0080 | -1.7826 | 823.942 |
| 3 | 5 | 0,1009 | 6 | -0,01 | -0,01 | -0,011 | -0,0103 | -2.2899 | 884.66 |
| 4 | 6 | 0,1009 | 6 | -0,009 | -0,008 | -0,008 | -0,0083 | -1.8551 | 856.586 |
| 5 | 7 | 0,1007 | 6 | -0,008 | -0,008 | -0,009 | -0,0083 | -1.8551 | 884.618 |
| 6 | 8 | 0,1007 | 6 | -0,01 | -0,011 | -0,01 | -0,0103 | -2.2899 | 980,456 |



2. Pengaruh Waktu

Data Kurva Kalibrasi Larutan Standar

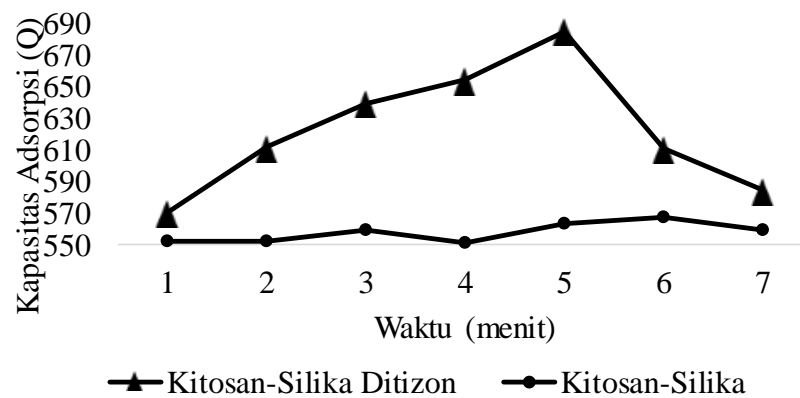
| No | Konsentrasi (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi Rata-rata |
|----|-----------------------|------------|-------|-------|-------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 2 | 0,004 | 0,003 | 0,003 | 0,0033333 |
| 3 | 4 | 0,006 | 0,005 | 0,006 | 0,0056667 |
| 4 | 6 | 0,011 | 0,011 | 0,012 | 0,0113333 |
| 5 | 8 | 0,011 | 0,011 | 0,011 | 0,011 |
| 6 | 10 | 0,009 | 0,01 | 0,01 | 0,0096667 |



| Data Konsentrasi Akhir (setelah diberi kitosan silika ditizon) | | | | | | | |
|--|---------------------|------------|--------|--------|-------------------------|-----------------------|------------------------------------|
| No | Massa Sensor (g) | Absorbansi | | | Absorbansi Rata-rata | Konsentrasi (mg/L) | Kapasitas Adsorpsi (mg/gram) |
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 0,1305 | -0,003 | -0,003 | -0,003 | -0,003 | -1.4444 | 570,456 |
| 2 | 0,1308 | -0,004 | -0,003 | -0,005 | -0,004 | -2.0000 | 611.621 |
| 3 | 0,1309 | -0,004 | -0,005 | -0,005 | -0,004667 | -2.3704 | 639.448 |
| 4 | 0,1308 | -0,005 | -0,005 | -0,005 | -0,005 | -2.5556 | 654.094 |
| 5 | 0,1303 | -0,006 | -0,006 | -0,005 | -0,005667 | -2.9259 | 685.029 |
| 6 | 0,131 | -0,004 | -0,004 | -0,004 | -0,004 | -2.0000 | 610,687 |
| 7 | 0,1306 | -0,003 | -0,004 | -0,003 | -0,003333 | -1.6296 | 584.198 |

| Data Konsentrasi Akhir (setelah diberi kitosan silika) | | | | | | | |
|--|-------------------|------------|---|---|-------------------------|-------------|-----------------------|
| No | Kitosan Silika | Absorbansi | | | Absorbansi Rata-rata | Konsentrasi | Kapasitas Adsorpsi |
| | | 1 | 2 | 3 | | | |

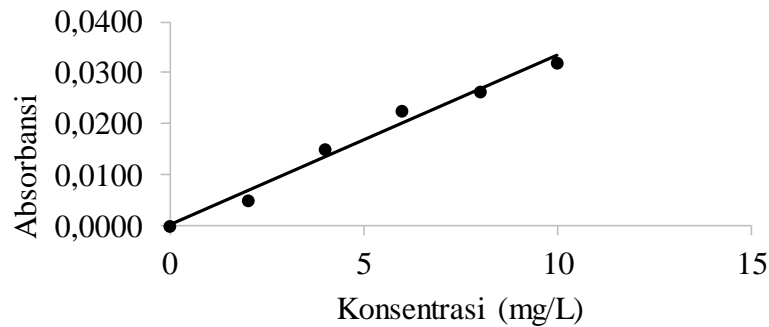
| | | | | | | | |
|---|--------|-------|-------|-------|--------|--------|---------|
| 1 | 0,1002 | 0,002 | 0,002 | 0,003 | 0,0023 | 0,4638 | 552.518 |
| 2 | 0,1003 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,0023 | 0,4638 | 551.967 |
| 3 | 0,1003 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,0020 | 0,3913 | 559.192 |
| 4 | 0,1005 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,0023 | 0,4638 | 550.869 |
| 5 | 0,1008 | 0,002 | 0,002 | 0,001 | 0,0017 | 0,3188 | 563.607 |
| 6 | 0,1002 | 0,001 | 0,002 | 0,002 | 0,0017 | 0,3188 | 566.982 |
| 7 | 0,1002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,0020 | 0,3913 | 559.75 |



3. Pengaruh Massa

| Data Kurva Kalibrasi Larutan Standar | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------|------------|-------|-------|----------------------|
| No | Konsentrasi (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi Rata-rata |
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0000 |
| 2 | 2 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,0050 |
| 3 | 4 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,0150 |
| 4 | 6 | 0,023 | 0,022 | 0,022 | 0,0223 |
| 5 | 8 | 0,027 | 0,026 | 0,026 | 0,0263 |
| 6 | 10 | 0,032 | 0,031 | 0,033 | 0,0320 |

Kurva Kalibrasi Standar Cr



Keterangan Kurva Kalibrasi

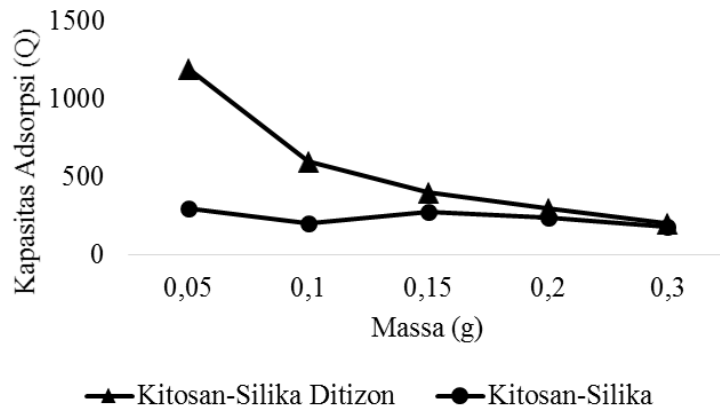
| | |
|--------------------|-------------|
| Slope | 0,003304762 |
| intercept | 0,000253968 |
| Koefisien korelasi | 0,991759213 |

Data Konsentrasi Akhir (setelah diberi kitosan silika)

| No | Massa kitosan silika (g) | Konsentrasi Teoritis (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi rata-rata | Konsentrasi hasil uji (mg/L) | Kapasitas Adsorpsi (mg/gram) |
|----|--------------------------|-----------------------------|------------|-------|-------|----------------------|------------------------------|------------------------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 0,0502 | 6 | 0,015 | 0,015 | 0,014 | 0,0147 | 4.5149 | 295.8387392 |
| 2 | 0,1003 | 6 | 0,013 | 0,013 | 0,013 | 0,0130 | 4.0106 | 198.3482789 |
| 3 | 0,1501 | 6 | 0,006 | 0,006 | 0,006 | 0,0060 | 1.8924 | 273.6568192 |
| 4 | 0,2001 | 6 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,0040 | 1.2872 | 235.5210483 |
| 5 | 0,3002 | 6 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,0020 | 0,6820 | 177.1473517 |

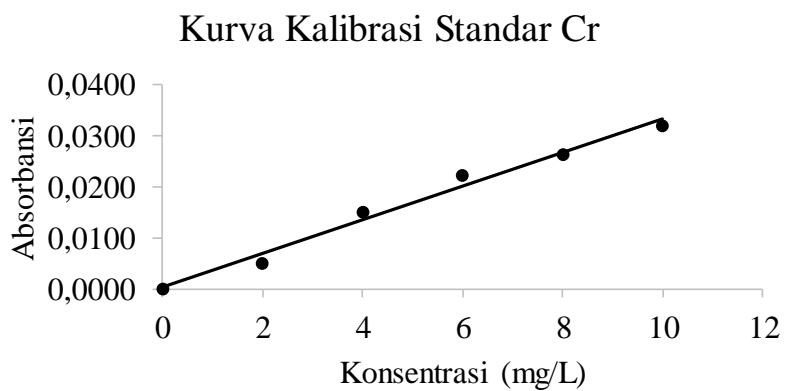
Data Konsentrasi Akhir (setelah diberi kitosan silika ditizon)

| No | Massa kitosan silika ditizon (g) | Konsentrasi Teoritis (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi rata-rata | Konsentrasi hasil uji (mg/L) | Kapasitas Adsorpsi (mg/gram) |
|----|----------------------------------|-----------------------------|------------|--------|--------|----------------------|------------------------------|------------------------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 0,0502 | 6 | -0,003 | -0,003 | -0,004 | -0,0033 | 0,0000 | 1195.219124 |
| 2 | 0,1002 | 6 | 0 | -0,001 | -0,001 | -0,0007 | 0,0000 | 598.8023952 |
| 3 | 0,15 | 6 | -0,008 | -0,008 | -0,009 | -0,0083 | 0,0000 | 400 |
| 4 | 0,2 | 6 | -0,009 | -0,009 | -0,009 | -0,0090 | 0,0000 | 300 |
| 5 | 0,3 | 6 | -0,006 | -0,006 | -0,006 | -0,0060 | 0,0000 | 200 |



4. Pengaruh Konsentrasi

| Data Kurva Kalibrasi Larutan Standar | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------|------------|-------|-------|----------------------|
| No | Konsentrasi (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi Rata-rata |
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0000 |
| 2 | 2 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,0050 |
| 3 | 4 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,0150 |
| 4 | 6 | 0,023 | 0,022 | 0,022 | 0,0223 |
| 5 | 8 | 0,027 | 0,026 | 0,026 | 0,0263 |
| 6 | 10 | 0,032 | 0,031 | 0,033 | 0,0320 |



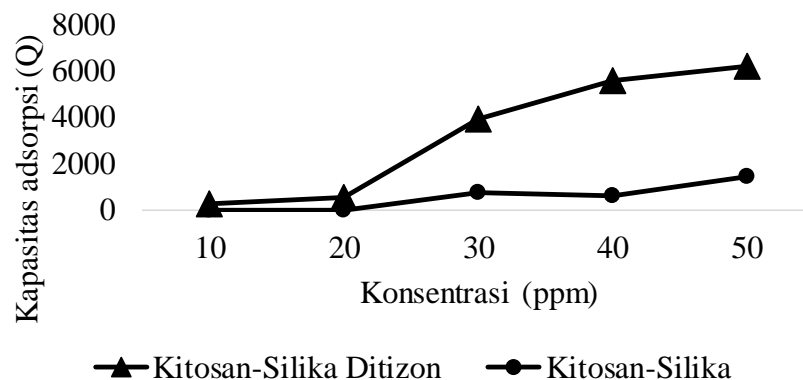
Keterangan Kurva kalibrasi

| | |
|--------------------|------------|
| Slope | 0,00330476 |
| intercept | 0,00025397 |
| Koefisien korelasi | 0,99175921 |

| Data Konsentrasi Mula-mula (yang tidak diberi kitosan silika) | | | | | | | |
|---|----|-----------------------------|------------|-------|-------|----------------------|------------------------------|
| No | pH | Konsentrasi Teoritis (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi rata-rata | Konsentrasi hasil uji (mg/L) |
| | | | 1 | 2 | 3 | | |
| 1 | 6 | 10 | 0,048 | 0,048 | 0,048 | 0,0480 | 14.4476 |
| 2 | 6 | 20 | 0,079 | 0,08 | 0,08 | 0,0797 | 24.0298 |
| 3 | 6 | 30 | 0,138 | 0,141 | 0,14 | 0,1397 | 42.1854 |
| 4 | 6 | 40 | 0,174 | 0,174 | 0,173 | 0,1737 | 52.4736 |
| 5 | 6 | 50 | 0,195 | 0,189 | 0,188 | 0,1907 | 57.6177 |

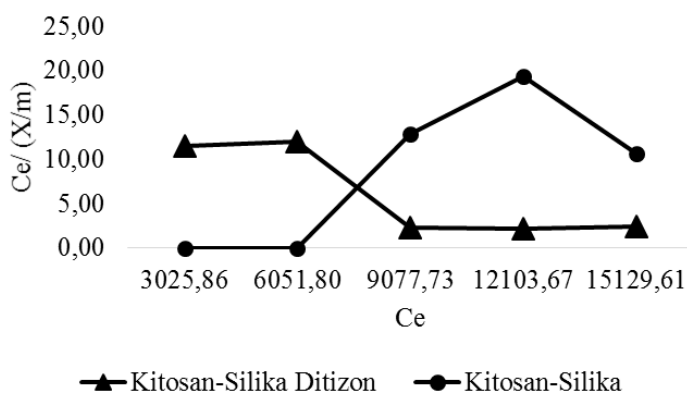
| Data Konsentrasi Akhir (yang diberi kitosan silika) | | | | | | | | |
|---|--------------------------|-----------------------------|------------|-------|-------|----------------------|------------------------------|------------------------------|
| No | Massa kitosan silika (g) | Konsentrasi Teoritis (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi rata-rata | Konsentrasi hasil uji (mg/L) | Kapasitas Adsorpsi (mg/gram) |
| | | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 0,0501 | 10 | 0,063 | 0,063 | 0,063 | 0,0630 | 18.9866 | -905.9690417 |
| 2 | 0,0502 | 20 | 0,104 | 0,104 | 0,104 | 0,1040 | 31.3929 | -1466.755457 |
| 3 | 0,0502 | 30 | 0,127 | 0,128 | 0,129 | 0,1280 | 38.6551 | 703.2389175 |
| 4 | 0,0502 | 40 | 0,165 | 0,163 | 0,162 | 0,1633 | 49.3468 | 622.8687555 |
| 5 | 0,0502 | 50 | 0,173 | 0,166 | 0,163 | 0,1673 | 50,5572 | 1406.477835 |

| Data Konsentrasi Akhir (yang diberi kitosan silika ditizon) | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|-----------------------------|------------|-------|-------|----------------------|------------------------------|------------------------------|
| No | Massa kitosan silika ditizon (g) | Konsentrasi Teoritis (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi rata-rata | Konsentrasi hasil uji (mg/L) | Kapasitas Adsorpsi (mg/gram) |
| | | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 0,0501 | 10 | 0,044 | 0,044 | 0,043 | 0,0437 | 13.1364 | 261.7243898 |
| 2 | 0,0502 | 20 | 0,072 | 0,071 | 0,071 | 0,0713 | 21.5082 | 502.3135125 |
| 3 | 0,0504 | 30 | 0,074 | 0,074 | 0,074 | 0,0740 | 22.3151 | 3942.523215 |
| 4 | 0,05 | 40 | 0,082 | 0,082 | 0,082 | 0,0820 | 24.7358 | 5547.550432 |
| 5 | 0,0504 | 50 | 0,088 | 0,088 | 0,088 | 0,0880 | 26.5514 | 6163.944925 |

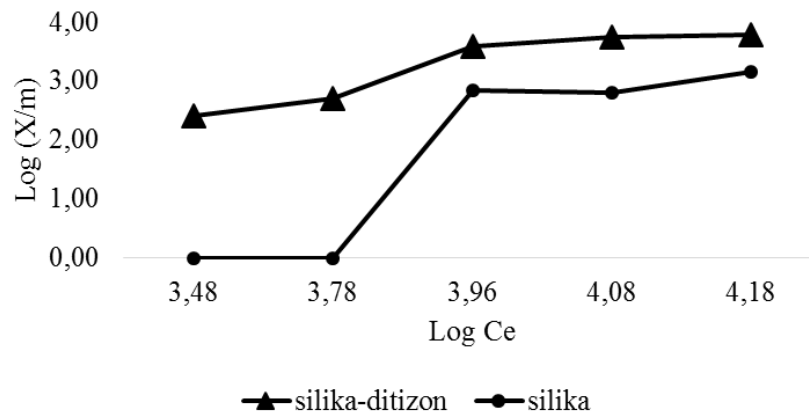


5. Isoterm Adsorpsi

| C Awal (ppm) | Ce (ppm) | X/m (sil-dit) | X/m (sil) | Ce/ (x/m) sil-dit | Ce/ (x/m) sil | Log Ce | log (x/m) (sil-dit) | log (x/m) sil |
|--------------|------------|---------------|-----------|-------------------|---------------|--------|---------------------|---------------|
| 10 | 3025.8598 | 261.7244 | 0 | 11.5612 | 0 | 3.4808 | 2.4178 | 0 |
| 20 | 6051.7963 | 502.3135 | 0 | 12.0478 | 0 | 3.7819 | 2.7009 | 0 |
| 30 | 9077.7329 | 3942.5232 | 703.2389 | 2.3025 | 12.9084 | 3.9579 | 3.5957 | 2.8471029 |
| 40 | 12103.6695 | 5547.5504 | 622.8687 | 2.1818 | 19.4321 | 4.0829 | 3.7441 | 2.79439655 |
| 50 | 15129.6061 | 6163.9449 | 1412.1037 | 2.4545 | 10,7142 | 4.1798 | 3.7898 | 3.14986661 |



Gambar 4. 35 Kurva Isoterm *Langmuir* untuk Logam Cr



Gambar 4.36 Kurva Isoterm *Freundlich* untuk Logam Cr

| Keterangan | <i>Langmuir</i> | | <i>Freundlich</i> | |
|------------------|-----------------|---------|-------------------|--------|
| | KS | KSD | KS | KSD |
| R^2 | 0,5791 | 0,67283 | 0,8697 | 0,7969 |
| <i>Slope</i> | 4,0861 | -2,8078 | 0,3787 | 0,9094 |
| <i>Intercept</i> | - 3,6472 | 14,533 | 2,1136 | -0,97 |
| k | - | - | 129,8975* | - |
| n | - | - | 2,6406* | - |

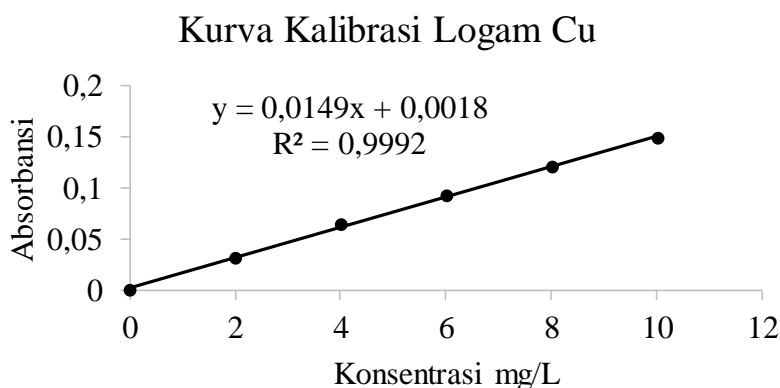
Ket * :

Untuk R^2 yang memenuhi syarat $> 0,8$ dihitung koefisien k dan n dimana $\text{Log } k = \text{intersep}$ dan $1/n = \text{slope}$.

Lampiran 4. Perhitungan Pengujian Adsorpsi Logam Cu Oleh Kitosan Silika Dan Kitosan Silika Ditizon

1. Pengaruh pH

| Data Kurva Kalibrasi Larutan Standar | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------|------------|-------|-------|----------------------|
| No | Konsentrasi (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi Rata-rata |
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0000 |
| 2 | 2 | 0,032 | 0,032 | 0,031 | 0,0317 |
| 3 | 4 | 0,063 | 0,064 | 0,064 | 0,0637 |
| 4 | 6 | 0,094 | 0,093 | 0,091 | 0,0927 |
| 5 | 8 | 0,122 | 0,119 | 0,119 | 0,1200 |
| 6 | 10 | 0,15 | 0,148 | 0,151 | 0,1497 |



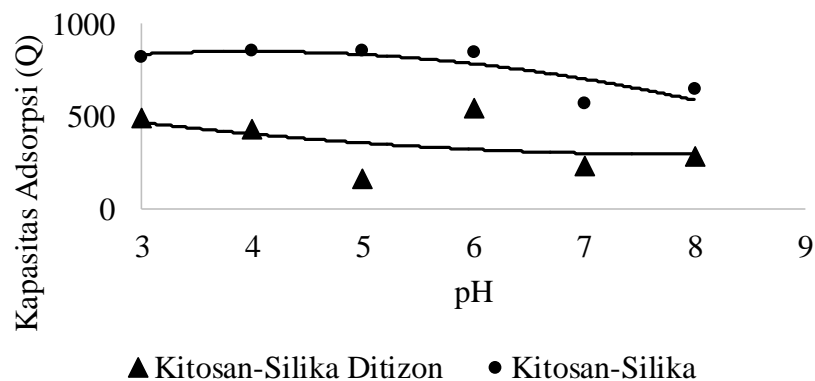
| Data Konsentrasi Mula-mula (yang tidak diberi kitosan silika ditizon) | | | | | | | |
|---|----|-----------------------------|------------|-------|-------|----------------------|------------------------------|
| No | pH | Konsentrasi Teoritis (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi rata-rata | Konsentrasi hasil uji (mg/L) |
| | | | 1 | 2 | 3 | | |
| 1 | 3 | 6 | 0,114 | 0,114 | 0,114 | 0,1140 | 7.5302 |
| 2 | 4 | 6 | 0,116 | 0,112 | 0,113 | 0,1137 | 7.5078 |
| 3 | 5 | 6 | 0,113 | 0,111 | 0,114 | 0,1127 | 7.4407 |
| 4 | 6 | 6 | 0,109 | 0,119 | 0,116 | 0,1147 | 7.5749 |
| 5 | 7 | 6 | 0,068 | 0,068 | 0,072 | 0,0693 | 4.5324 |
| 6 | 8 | 6 | 0,08 | 0,078 | 0,078 | 0,0787 | 5.1588 |

Data Konsentrasi Akhir (setelah diberi kitosan silika ditizon)

| pH | Massa kitosan silika ditizon (g) | Konsentrasi Teoritis (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi rata-rata | Konsentrasi hasil uji (mg/L) | Kapasitas Adsorpsi (mg/gram) |
|----|----------------------------------|-----------------------------|------------|--------|--------|----------------------|------------------------------|------------------------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 3 | 0,1302 | 6 | 0,0200 | 0,0200 | 0,0190 | 0,0197 | 1.1991 | 486.2593 |
| 4 | 0,1302 | 6 | 0,0300 | 0,0320 | 0,0310 | 0,0310 | 1.9597 | 426.1212 |
| 5 | 0,1305 | 6 | 0,0780 | 0,0820 | 0,0850 | 0,0817 | 5.3602 | 159.4281 |
| 6 | 0,13 | 6 | 0,0090 | 0,0090 | 0,0090 | 0,0090 | 0,4832 | 545.5171 |
| 7 | 0,1304 | 6 | 0,0250 | 0,0250 | 0,0250 | 0,0250 | 1.5570 | 228.1742 |
| 8 | 0,1301 | 6 | 0,0240 | 0,0230 | 0,0230 | 0,0233 | 1.4452 | 285.4455 |

Data Konsentrasi Akhir (setelah diberi kitosan silika)

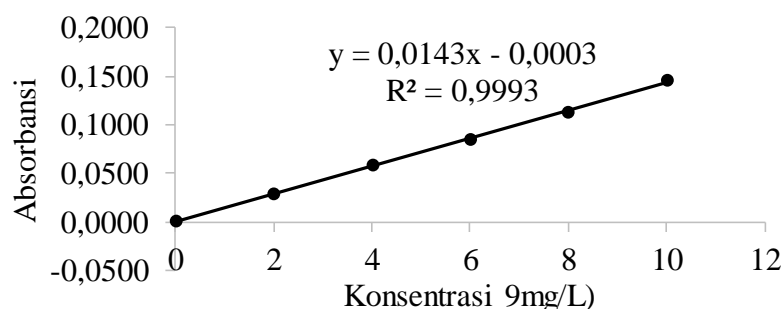
| pH | Massa kitosan silika (g) | Konsentrasi Teoritis (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi rata-rata | Konsentrasi hasil uji (mg/L) | Kapasitas Adsorpsi (mg/gram) |
|----|--------------------------|-----------------------------|------------|---------|---------|----------------------|------------------------------|------------------------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 3 | 0,1003 | 6 | -0,0030 | -0,0050 | -0,0040 | -0,0040 | -0,6723 | 817.7936 |
| 4 | 0,1007 | 6 | -0,0090 | -0,0090 | -0,0090 | -0,0090 | -1.0924 | 854.0484 |
| 5 | 0,1006 | 6 | -0,0100 | -0,0100 | -0,0090 | -0,0097 | -1.1485 | 853.7948 |
| 6 | 0,1009 | 6 | -0,0070 | -0,0070 | -0,0080 | -0,0073 | -0,9524 | 845.1264 |
| 7 | 0,1001 | 6 | -0,0090 | -0,0090 | -0,0110 | -0,0097 | -1.1485 | 567.5223 |
| 8 | 0,1005 | 6 | -0,0110 | -0,0120 | -0,0120 | -0,0117 | -1.3165 | 644.3148 |



2. Pengaruh Waktu

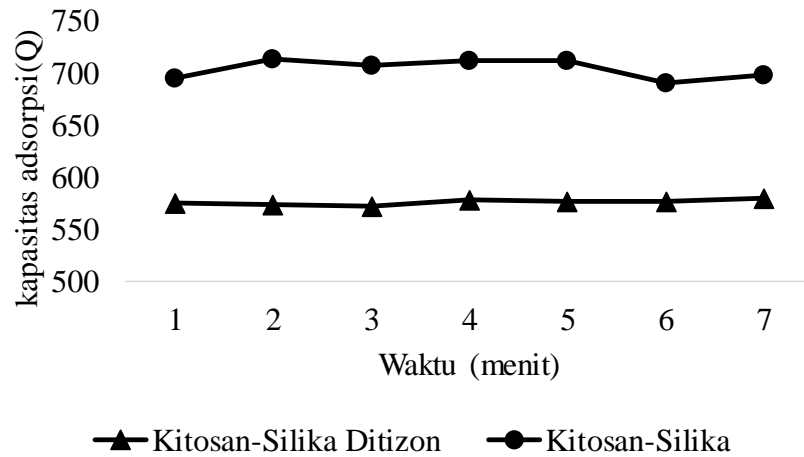
| Data Kurva Kalibrasi Larutan Standar | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------|------------|--------|--------|----------------------|
| No | Konsentrasi (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi Rata-rata |
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 2 | 0,0290 | 0,0280 | 0,0280 | 0,0283 |
| 3 | 4 | 0,0570 | 0,0580 | 0,0580 | 0,0577 |
| 4 | 6 | 0,0840 | 0,0850 | 0,0850 | 0,0847 |
| 5 | 8 | 0,1120 | 0,1110 | 0,1130 | 0,1120 |
| 6 | 10 | 0,1460 | 0,1440 | 0,1440 | 0,1447 |

Kurva Kalibrasi Standar Cu



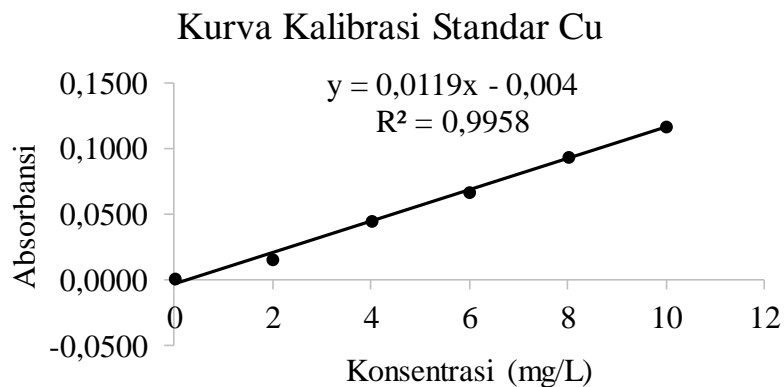
| Data Konsentrasi Akhir (setelah diberi kitosan silika ditizon) | | | | | | | |
|--|------------------|------------|-------|-------|----------------------|-------------|--------------------|
| Waktu | Massa Sensor (g) | Absorbansi | | | Absorbansi Rata-rata | Konsentrasi | Kapasitas Adsorpsi |
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 0,1302 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,0909 | 574.8072895 |
| 2 | 0,1303 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,0909 | 574.366148 |
| 3 | 0,1308 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,0909 | 572.1705588 |
| 4 | 0,1305 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,0210 | 578.8445195 |
| 5 | 0,1304 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,00033333 | 0,0443 | 577.5008402 |
| 6 | 0,1305 | 0,000 | 0,000 | 0,001 | 0,00033333 | 0,0443 | 577.0583108 |
| 7 | 0,1302 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,0210 | 580,1782626 |

| Data Konsentrasi Akhir (setelah diberi kitosan silika) | | | | | | | |
|--|----------------|------------|-------|-------|----------------------|-------------|--------------------|
| Waktu | Kitosan silika | Absorbansi | | | Absorbansi Rata-rata | Konsentrasi | Kapasitas Adsorpsi |
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 0,1005 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,0030 | 0,5882 | 695.190518 |
| 2 | 0,1003 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,0010 | 0,4202 | 713.3331937 |
| 3 | 0,1008 | 0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,0013 | 0,4482 | 707.0159453 |
| 4 | 0,1004 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,0010 | 0,4202 | 712.6227025 |
| 5 | 0,1001 | 0,002 | 0,001 | 0,001 | 0,0013 | 0,4482 | 711.9601127 |
| 6 | 0,1008 | 0,003 | 0,003 | 0,004 | 0,0033 | 0,6162 | 690,3426093 |



3. Pengaruh Massa

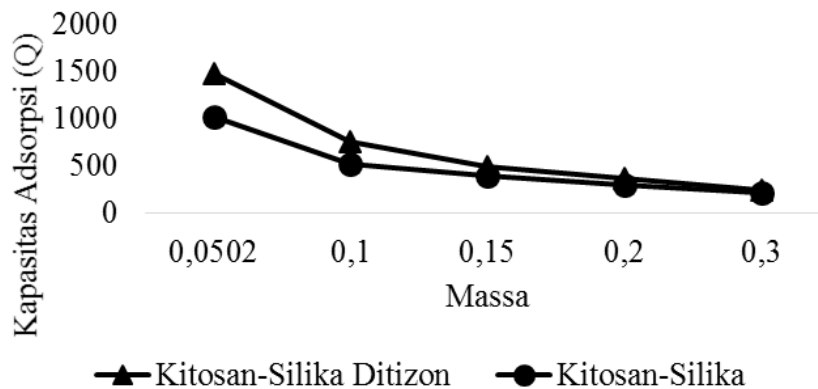
| Data Kurva Kalibrasi Larutan Standar | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------|------------|-------|-------|----------------------|
| No | Konsentrasi (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi Rata-rata |
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0000 |
| 2 | 2 | 0,015 | 0,015 | 0,016 | 0,0153 |
| 3 | 4 | 0,044 | 0,044 | 0,044 | 0,0440 |
| 4 | 6 | 0,065 | 0,066 | 0,067 | 0,0660 |
| 5 | 8 | 0,093 | 0,092 | 0,093 | 0,0927 |
| 6 | 10 | 0,117 | 0,115 | 0,117 | 0,1163 |



Data Konsentrasi Akhir (setelah diberi kitosan silika ditzon)

| No | Massa kitosan silika ditizon (g) | Konsentrasi Teoritis (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi rata-rata | Konsentrasi hasil uji (mg/L) | Kapasitas Adsorpsi (mg/gram) |
|----|----------------------------------|-----------------------------|------------|--------|--------|----------------------|------------------------------|------------------------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 0,0502 | 6 | -0,002 | -0,002 | -0,003 | -0,0023 | 0,1401 | 1481.044617 |
| 2 | 0,1 | 6 | -0,003 | -0,003 | -0,003 | -0,0030 | 0,0840 | 749.0866387 |
| 3 | 0,15 | 6 | -0,003 | -0,002 | -0,002 | -0,0023 | 0,1401 | 495.6562652 |
| 4 | 0,2 | 6 | 0,000 | 0,000 | -0,001 | -0,0003 | 0,3081 | 363.3388375 |
| 5 | 0,3 | 6 | -0,002 | -0,001 | -0,002 | -0,0017 | 0,1961 | 245.960719 |

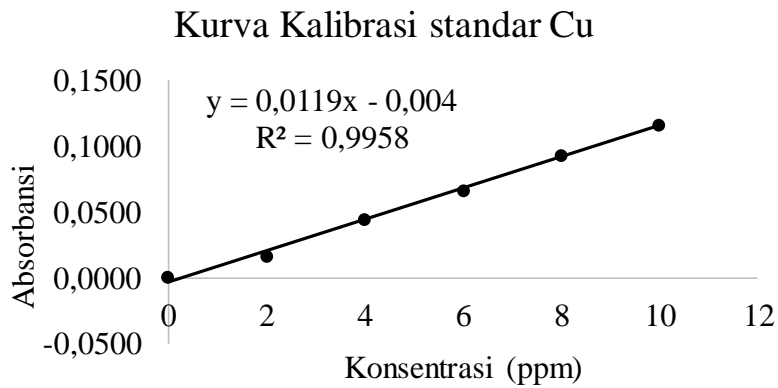
| Data Konsentrasi Akhir (setelah diberi kitosan silika) | | | | | | | |
|--|-----------------------------|------------|--------|--------|----------------------|------------------------------|------------------------------|
| Massa kitosan silika (g) | Konsentrasi Teoritis (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi rata-rata | Konsentrasi hasil uji (mg/L) | Kapasitas Adsorpsi (mg/gram) |
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 0,0503 | 6 | 0,016 | 0,015 | 0,014 | 0,0150 | 1.5966 | 875.4197504 |
| 0,1002 | 6 | 0,014 | 0,013 | 0,012 | 0,0130 | 1.4286 | 456.2303964 |
| 0,1501 | 6 | 0,006 | 0,006 | 0,006 | 0,0060 | 0,8403 | 343.7484254 |
| 0,2 | 6 | 0,006 | 0,006 | 0,006 | 0,0060 | 0,8403 | 257.9831933 |
| 0,3005 | 6 | -0,002 | -0,002 | -0,001 | -0,0017 | 0,1961 | 193.1421487 |



4. Pengaruh Konsentrasi

Data Kurva Kalibrasi Larutan Standar

| No | Konsentrasi (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi Rata-rata |
|----|-----------------------|------------|-------|-------|-------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0000 |
| 2 | 2 | 0,015 | 0,015 | 0,016 | 0,0153 |
| 3 | 4 | 0,044 | 0,044 | 0,044 | 0,0440 |
| 4 | 6 | 0,065 | 0,066 | 0,067 | 0,0660 |
| 5 | 8 | 0,093 | 0,092 | 0,093 | 0,0927 |
| 6 | 10 | 0,117 | 0,115 | 0,117 | 0,1163 |



Data Konsentrasi Mula-mula (yang tidak diberi kitosan silika)

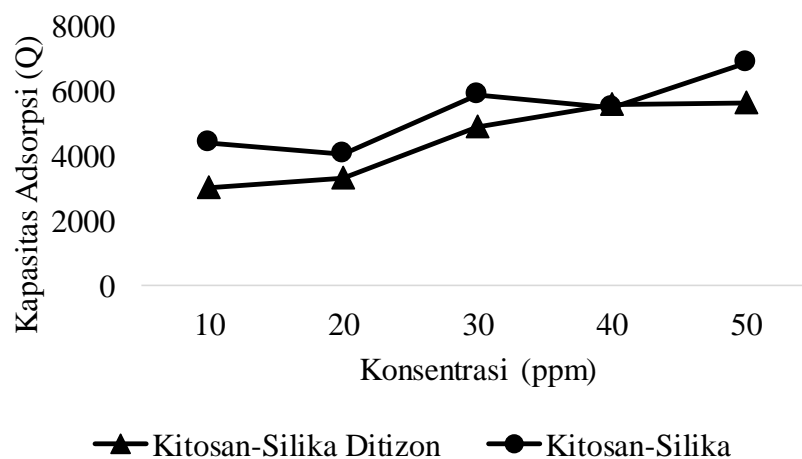
| No | pH | C Teoritis (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi rata-rata | Konsentrasi hasil uji (mg/L) |
|----|----|----------------------|------------|-------|-------|-------------------------|---------------------------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | | |
| 1 | 6 | 10 | 0,292 | 0,291 | 0,293 | 0,2920 | 24.7919 |
| 2 | 6 | 20 | 0,403 | 0,401 | 0,404 | 0,4027 | 34.0620 |
| 3 | 6 | 30 | 0,572 | 0,579 | 0,572 | 0,5743 | 48.4417 |
| 4 | 6 | 40 | 0,661 | 0,654 | 0,653 | 0,6560 | 55.2825 |
| 5 | 6 | 50 | 0,762 | 0,761 | 0,762 | 0,7617 | 64.1338 |

Data Konsentrasi (yang diberi kitosan silika)

| No | m kitosan silika (g) | C teoritis (ppm) | Absorbansi | | | Absorbansi rata-rata | C hasil uji (mg/L) | Kapasitas Adsorpsi (mg/gram) |
|----|----------------------|------------------|------------|--------|--------|----------------------|--------------------|------------------------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 0,0501 | 10 | 0,0280 | 0,0280 | 0,028 | 0,0280 | 2.6778 | 4413.988139 |
| 2 | 0,0502 | 20 | 0,1620 | 0,1600 | 0,1590 | 0,1603 | 13.7628 | 4043.657838 |
| 3 | 0,0502 | 30 | 0,2250 | 0,2210 | 0,2230 | 0,2230 | 19.0121 | 5862.469547 |
| 4 | 0,0502 | 40 | 0,3260 | 0,3290 | 0,3300 | 0,3283 | 27.8354 | 5467.55936 |
| 5 | 0,0502 | 50 | 0,3480 | 0,3510 | 0,3520 | 0,3503 | 29.6782 | 6863.650305 |

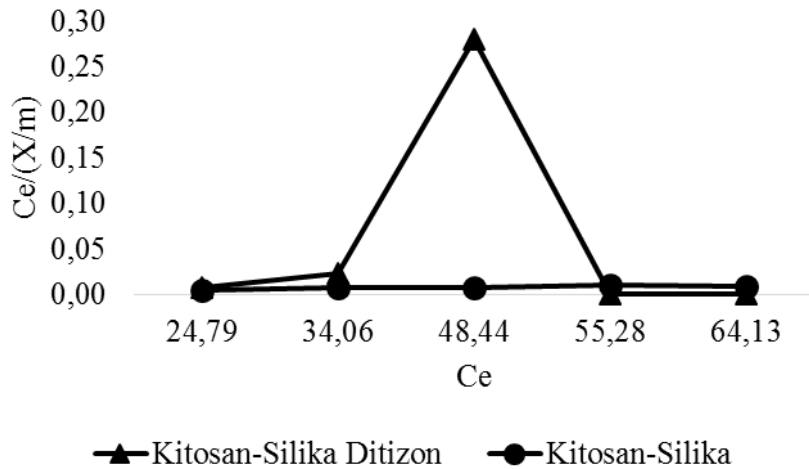
Data Konsentrasi (yangdiberi kitosan silika ditizon)

| No | m kitosan silika (g) | C Teoritis (ppm) | Absorbansi | | | Absorbansi rata-rata | C hasil uji (mg/L) | Kapasitas Adsorpsi (mg/gram) |
|----|----------------------|------------------|------------|--------|--------|----------------------|--------------------|------------------------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 0,0501 | 10 | 0,1150 | 0,1120 | 0,110 | 0,1123 | 9.7421 | 3003.96415 |
| 2 | 0,0500 | 20 | 0,2070 | 0,2060 | 0,2060 | 0,2063 | 17.6160 | 3289.190267 |
| 3 | 0,0502 | 30 | 0,2810 | 0,2820 | 0,2820 | 0,2817 | 23.9263 | 4883.537251 |
| 4 | 0,0502 | 40 | 0,3220 | 0,3230 | 0,3230 | 0,3227 | 27.3607 | 5562.11532 |
| 5 | 0,0500 | 50 | 0,4250 | 0,4290 | 0,4270 | 0,4270 | 36.1003 | 5606.701237 |

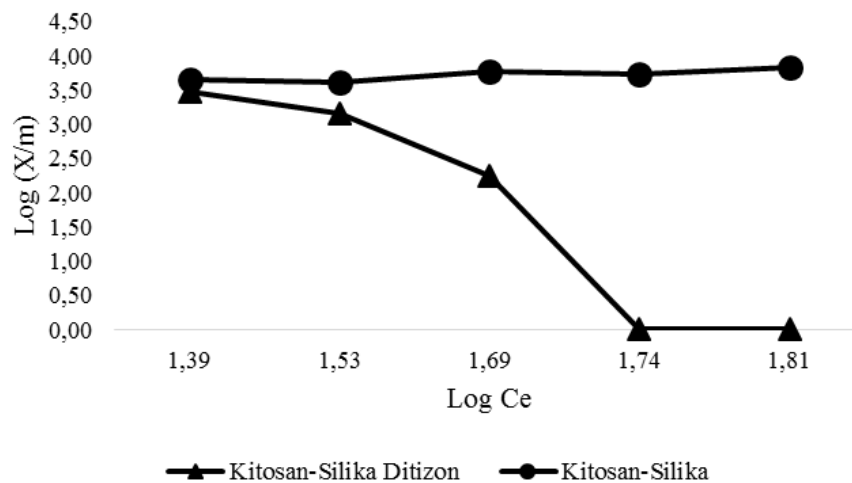


6. Isoterm Adsorpsi

| C Awal (ppm) | Ce (ppm) | X/m (sil-dit) | X/m (sil) | Ce/ (x/m) sil-dit | Ce/ (x/m) sil | Log Ce | log (x/m) (sil-dit) | log (x/m) sil |
|--------------|----------|---------------|-----------|-------------------|---------------|--------|---------------------|---------------|
| 10 | 24.7919 | 3003.9641 | 4413.9881 | 0,0082 | 0,0056 | 1.3943 | 3.4777 | 3.6448 |
| 20 | 34.0620 | 1435.1815 | 4043.6579 | 0,0237 | 0,0084 | 1.5322 | 3.1569 | 3.6067 |
| 30 | 48.4417 | 172.4256 | 5862.4695 | 0,2809 | 0,0082 | 1.6852 | 2.2366 | 3.7681 |
| 40 | 55.2825 | -511.7146 | 5467.5593 | 0 | 0,0101 | 1.7425 | 0 | 3.7378 |
| 50 | 64.1338 | -2261.6673 | 6863.6503 | 0 | 0,0093 | 1.8071 | 0 | 3.8365 |



Gambar 4. 37 Kurva Isoterm Langmuir untuk Logam Cu



Gambar 4. 38 Kurva Isoterm Freundlich untuk Logam Cu

| Keterangan | Langmuir | Freundlich |
|------------|----------|------------|
|------------|----------|------------|

| | KS | KSD | KS | KSD |
|------------------|--------|--------|--------|---------------|
| R^2 | 0,7222 | 0,0027 | 0,7633 | 0,9031 |
| <i>Slope</i> | 0,0009 | -0,004 | 0,0514 | -1,0112 |
| <i>Intercept</i> | 0,0056 | 0,0747 | 3,5645 | 4,8079 |
| <i>k</i> | - | - | - | 64253,975* |
| <i>n</i> | - | - | - | -0,9889241* |

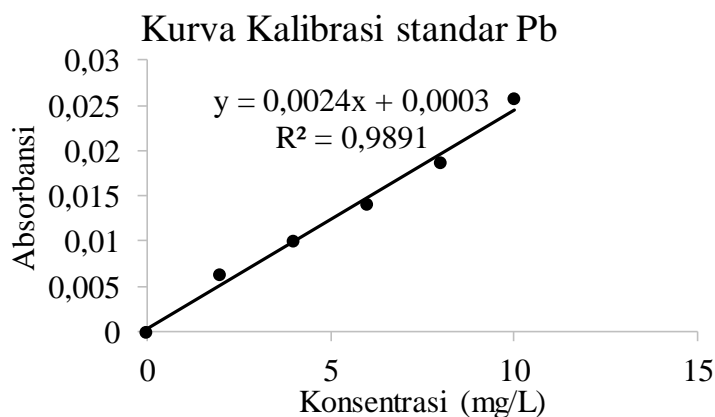
Ket * :

Untuk R^2 yang memenuhi syarat $> 0,8$ dihitung koefisien k dan n dimana $\text{Log } k = \text{intersep}$ dan $1/n = \text{slope}$.

Lampiran 5. Perhitungan Pengujian Adsorpsi Logam Pb Oleh Kitosan Silika Dan Kitosan Silika Ditizon

1. Pengaruh pH

| Data Kurva Kalibrasi Larutan Standar | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------|------------|-------|-------|----------------------|
| No | Konsentrasi (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi Rata-rata |
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0000 |
| 2 | 2 | 0,007 | 0,006 | 0,006 | 0,0063 |
| 3 | 4 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,0100 |
| 4 | 6 | 0,014 | 0,014 | 0,014 | 0,0140 |
| 5 | 8 | 0,019 | 0,019 | 0,018 | 0,0187 |
| 6 | 10 | 0,026 | 0,025 | 0,026 | 0,0257 |



| Data Konsentrasi Mula-mula (yang tidak diberi kitosan silika ditizon) | |
|---|------------|
| No | pH |
| | Absorbansi |

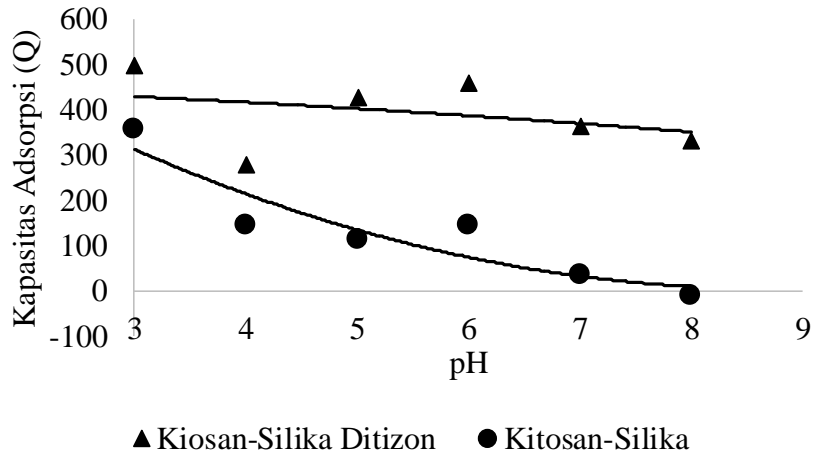
| | | Konsentrasi Teoritis (mg/L) | 1 | 2 | 3 | Absorbansi rata-rata | Konsentrasi hasil uji (mg/L) |
|---|---|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------------------------|------------------------------------|
| 1 | 3 | 6 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,0200 | 8.2083 |
| 2 | 4 | 6 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,0150 | 6.1250 |
| 3 | 5 | 6 | 0,014 | 0,014 | 0,015 | 0,0143 | 5.8472 |
| 4 | 6 | 6 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,0150 | 6.1250 |
| 5 | 7 | 6 | 0,012 | 0,013 | 0,012 | 0,0123 | 5.0139 |
| 6 | 8 | 6 | 0,011 | 0,011 | 0,012 | 0,0113 | 4.5972 |

Data Konsentrasi Akhir (setelah diberi kitosan silika ditizon)

| No | pH | Massa kitosan silika ditizon (g) | Konsentrasi Teoritis (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi rata-rata | Konsentrasi hasil uji (mg/L) | Kapasitas Adsorpsi (mg/gram) |
|----|----|--|-----------------------------------|------------|-------|-------|-------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| | | | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 3 | 0,134 | 6 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,0040 | 1.5417 | 497.512 |
| 2 | 4 | 0,1302 | 6 | 0,007 | 0,006 | 0,006 | 0,0063 | 2.5139 | 277.351 |
| 3 | 5 | 0,13 | 6 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,0010 | 0,2917 | 427.35 |
| 4 | 6 | 0,1301 | 6 | 0 | 0,001 | 0,001 | 0,0007 | 0,1528 | 459.049 |
| 5 | 7 | 0,1304 | 6 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,0010 | 0,2917 | 362.134 |
| 6 | 8 | 0,1301 | 6 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,0010 | 0,2917 | 330,942 |

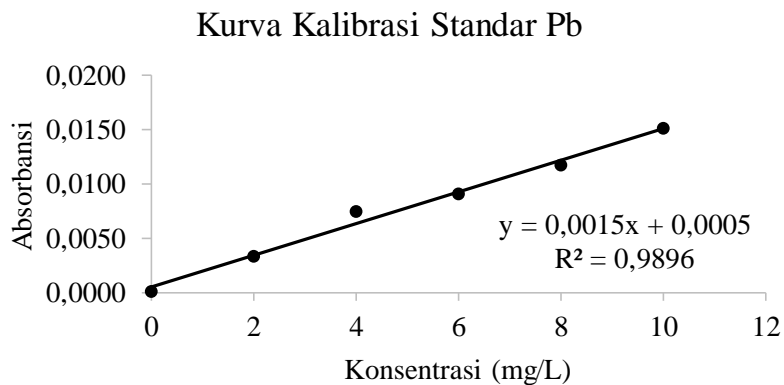
Data Konsentrasi Akhir (setelah diberi kitosan silika)

| No | pH | Massa kitosan silika ditizon (g) | Konsentrasi Teoritis (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi rata-rata | Konsentrasi hasil uji (mg/L) | Kapasitas Adsorpsi (mg/gram) |
|----|----|--|-----------------------------------|------------|---------|---------|-------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| | | | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 3 | 0,1 | 6 | 0,00682 | 0,00682 | 0,00681 | 0,0068 | 4.6569 | 355.1471 |
| 2 | 4 | 0,1001 | 6 | 0,00687 | 0,00689 | 0,00691 | 0,0069 | 4.7000 | 142.3576 |
| 3 | 5 | 0,1002 | 6 | 0,00694 | 0,00693 | 0,00692 | 0,0069 | 4.7235 | 112.145 |
| 4 | 6 | 0,1001 | 6 | 0,00689 | 0,00687 | 0,00686 | 0,0069 | 4.6902 | 143.3371 |
| 5 | 7 | 0,1 | 6 | 0,00685 | 0,00684 | 0,00684 | 0,0068 | 4.6725 | 34.13399 |
| 6 | 8 | 0,1 | 6 | 0,00687 | 0,00688 | 0,0069 | 0,0069 | 4.6961 | -9.88562 |



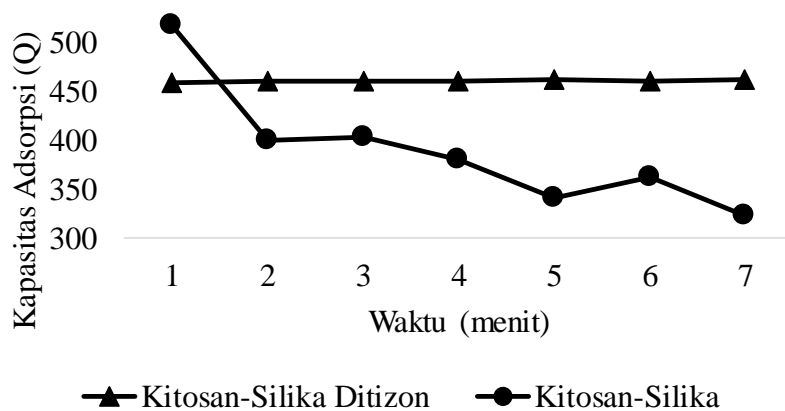
2. Pengaruh Waktu

| Data Kurva Kalibrasi Larutan Standar | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------|------------|-------|-------|----------------------|
| No | Konsentrasi (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi Rata-rata |
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 2 | 0,003 | 0,004 | 0,003 | 0,003333333 |
| 3 | 4 | 0,007 | 0,007 | 0,008 | 0,007333333 |
| 4 | 6 | 0,009 | 0,009 | 0,009 | 0,009 |
| 5 | 8 | 0,012 | 0,012 | 0,011 | 0,011666667 |
| 6 | 10 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 |



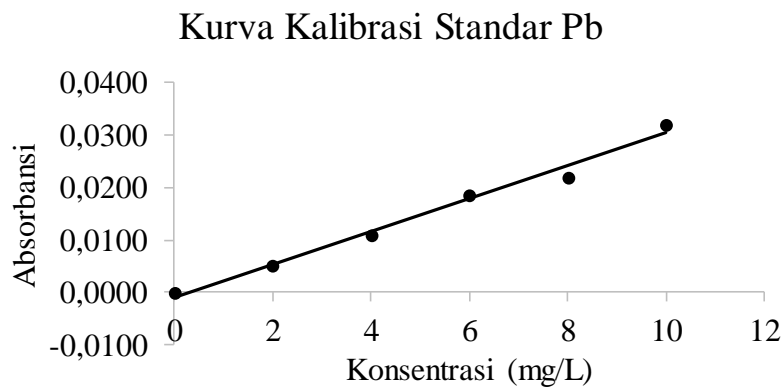
| Data Konsentrasi Akhir (setelah diberi kitosan silika ditizon) | | | | | | | |
|--|------------------|------------|--------|--------|----------------------|--------------------|------------------------------|
| No | Massa Sensor (g) | Absorbansi | | | Absorbansi Rata-rata | Konsentrasi (mg/L) | Kapasitas Adsorpsi (mg/gram) |
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 0,1309 | -0,004 | -0,004 | -0,004 | 0 | -0,3333 | 458.3651642 |
| 2 | 0,1304 | -0,005 | -0,005 | -0,004 | 0 | -0,3333 | 460,1226994 |
| 3 | 0,1305 | -0,006 | -0,005 | -0,006 | 0 | -0,3333 | 459.7701149 |
| 4 | 0,1304 | -0,006 | -0,006 | -0,005 | 0 | -0,3333 | 460,1226994 |
| 5 | 0,1303 | -0,006 | -0,006 | -0,006 | 0 | -0,3333 | 460,475825 |
| 6 | 0,1308 | -0,006 | -0,006 | -0,006 | 0 | -0,3333 | 458.7155963 |
| 7 | 0,1303 | -0,006 | -0,006 | -0,007 | 0 | -0,3333 | 460,475825 |

| Data Konsentrasi Akhir (setelah diberi kitosan silika) | | | | | | | |
|--|------------------|------------|-------|-------|----------------------|--------------------|------------------------------|
| No | Massa Sensor (g) | Absorbansi | | | Absorbansi Rata-rata | Konsentrasi (mg/L) | Kapasitas Adsorpsi (mg/gram) |
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 0,1006 | 0,001 | 0 | 0,001 | 0,0007 | 0,1111 | 552.2421029 |
| 2 | 0,1008 | 0,002 | 0,003 | 0,003 | 0,0027 | 1.4444 | 418.8712522 |
| 3 | 0,1 | 0,002 | 0,003 | 0,003 | 0,0027 | 1.4444 | 422.2222222 |
| 4 | 0,1007 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,0030 | 1.6667 | 397.2194638 |
| 5 | 0,1006 | 0,004 | 0,003 | 0,004 | 0,0037 | 2.1111 | 353.4349459 |
| 6 | 0,1005 | 0,003 | 0,003 | 0,004 | 0,0033 | 1.8889 | 375.8982863 |
| 7 | 0,1006 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,0040 | 2.3333 | 331.3452618 |



3. Pengaruh Massa

| Data Kurva Kalibrasi Larutan Standar | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------|------------|-------|-------|----------------------|
| No | Konsentrasi (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi Rata-rata |
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0000 |
| 2 | 2 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,0050 |
| 3 | 4 | 0,011 | 0,011 | 0,011 | 0,0110 |
| 4 | 6 | 0,018 | 0,019 | 0,019 | 0,0187 |
| 5 | 8 | 0,022 | 0,022 | 0,022 | 0,0220 |
| 6 | 10 | 0,032 | 0,032 | 0,032 | 0,0320 |



Keterangan Kurva Kalibrasi

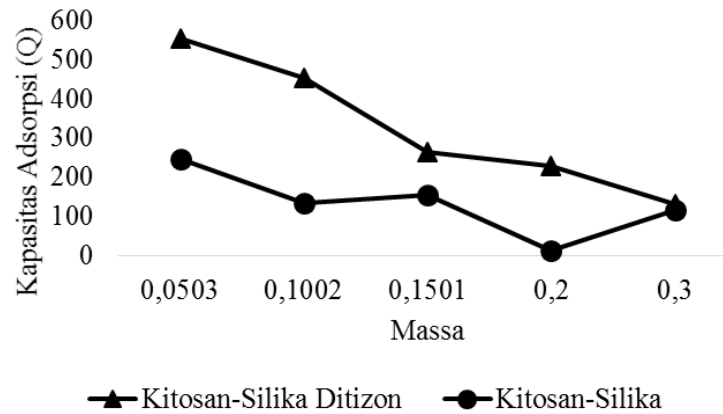
| | |
|--------------------|----------|
| Slope | 0,003124 |
| intercept | -0,00084 |
| Koefisien korelasi | 0,993423 |

Data Konsentrasi Akhir (setelah diberi kitosan silika ditizon)

| No | Massa kitosan silika ditizon (g) | Konsentrasi Teoritis (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi rata-rata | Konsentrasi hasil uji (mg/L) | Kapasitas Adsorpsi (mg/gram) |
|----|----------------------------------|-----------------------------|------------|-------|-------|----------------------|------------------------------|------------------------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 0,0507 | 6 | 0,006 | 0,004 | 0,003 | 0,0043 | 3.1961 | 553.042 |
| 2 | 0,1007 | 6 | 0,002 | 0,001 | 0,001 | 0,0013 | 1.4314 | 453.687 |
| 3 | 0,1503 | 6 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,0023 | 2.0196 | 264.83 |
| 4 | 0,2001 | 6 | 0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,0013 | 1.4314 | 228.317 |
| 5 | 0,3002 | 6 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,0023 | 2.0196 | 132.591 |

Data Konsentrasi Akhir (setelah diberi kitosan silika)

| No | Massa kitosan silika (g) | Konsentrasi Teoritis (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi rata-rata | Konsentrasi hasil uji (mg/L) | Kapasitas Adsorpsi (mg/gram) |
|----|--------------------------|-----------------------------|------------|-------|-------|----------------------|------------------------------|------------------------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 0,0503 | 6 | 0,014 | 0,014 | 0,014 | 0,0140 | 4.7510 | 248.3069 |
| 2 | 0,1002 | 6 | 0,013 | 0,014 | 0,014 | 0,0137 | 4.6443 | 135.2985 |
| 3 | 0,1501 | 6 | 0,011 | 0,01 | 0,011 | 0,0107 | 3.6839 | 154.3009 |
| 4 | 0,2 | 6 | 0,011 | 0,02 | 0,02 | 0,0170 | 5.7114 | 14.43089 |
| 5 | 0,3 | 6 | 0,007 | 0,007 | 0,007 | 0,0070 | 2.5102 | 116.3279 |

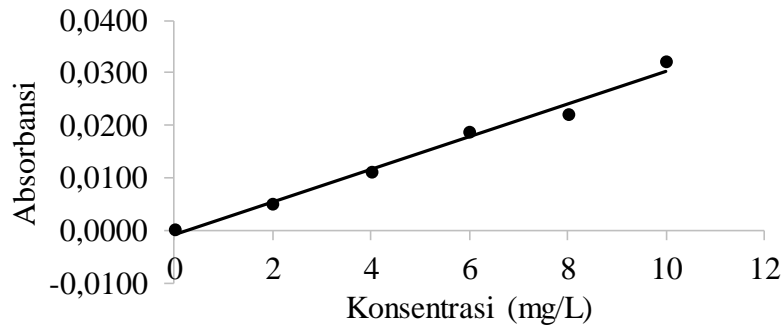


4. Pengaruh Konsentrasi

Data Kurva Kalibrasi Larutan Standar

| No | Konsentrasi (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi Rata-rata |
|----|--------------------|------------|-------|-------|----------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0000 |
| 2 | 2 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,0050 |
| 3 | 4 | 0,011 | 0,011 | 0,011 | 0,0110 |
| 4 | 6 | 0,018 | 0,019 | 0,019 | 0,0187 |
| 5 | 8 | 0,022 | 0,022 | 0,022 | 0,0220 |
| 6 | 10 | 0,032 | 0,032 | 0,032 | 0,0320 |

Kurva kalibrasi Standar Pb



Keterangan Kurva Kalibrasi

| | |
|--------------------|------------|
| Slope | 0,00312381 |
| intercept | -0,0008413 |
| Koefisien korelasi | 0,9934226 |

Data Konsentrasi Mula-mula (yang tidak diberi kitosan silika)

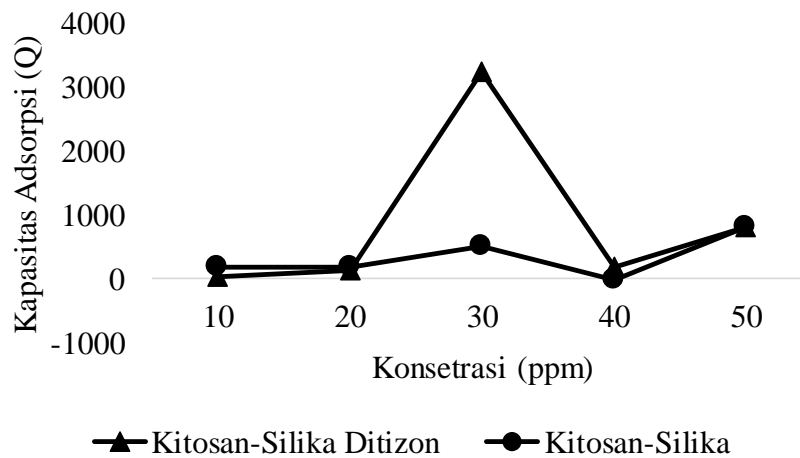
| No | pH | Konsentrasi Teoritis (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi rata-rata | Konsentrasi hasil uji (mg/L) |
|----|----|-----------------------------|------------|-------|-------|----------------------|------------------------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | | |
| 1 | 6 | 10 | 0,032 | 0,031 | 0,032 | 0,0317 | 9.8679 |
| 2 | 6 | 20 | 0,053 | 0,054 | 0,054 | 0,0537 | 16.9106 |
| 3 | 6 | 30 | 0,082 | 0,081 | 0,08 | 0,0810 | 25.6606 |
| 4 | 6 | 40 | 0,103 | 0,103 | 0,102 | 0,1027 | 32.5965 |
| 5 | 6 | 50 | 0,126 | 0,125 | 0,126 | 0,1257 | 39.9593 |

Data Konsentrasi Akhir (yang diberi Kitosan silika)

| No | Massa kitosan silika (g) | Konsentrasi Teoritis (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi rata-rata | Konsentrasi hasil uji (mg/L) | Kapasitas Adsorpsi (mg/gram) |
|----|--------------------------|-----------------------------|------------|-------|-------|----------------------|------------------------------|------------------------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 0,0502 | 10 | 0,029 | 0,029 | 0,028 | 0,0287 | 8.9075 | 191.307939 |
| 2 | 0,0502 | 20 | 0,051 | 0,051 | 0,051 | 0,0510 | 16.0569 | 170,0515013 |
| 3 | 0,0502 | 30 | 0,073 | 0,073 | 0,073 | 0,0730 | 23.0996 | 510,1545039 |
| 4 | 0,0503 | 40 | 0,103 | 0,103 | 0,103 | 0,1030 | 32.7033 | -21.21417834 |
| 5 | 0,05 | 50 | 0,113 | 0,113 | 0,113 | 0,1130 | 35.9045 | 810,9756098 |

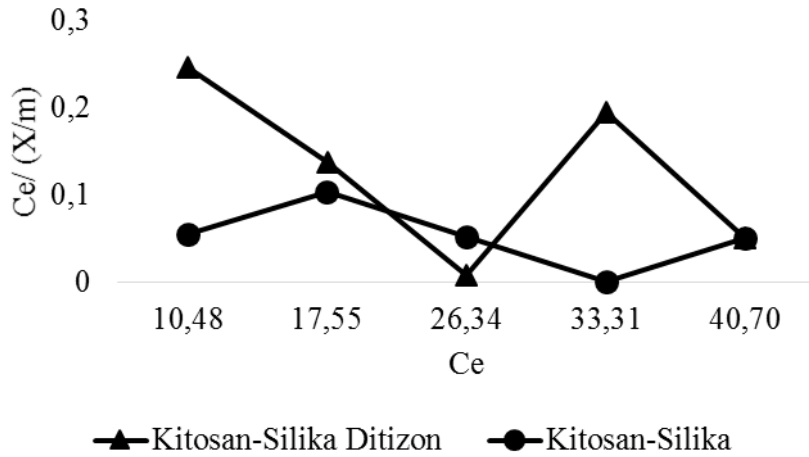
Data Konsentrasi Akhir (yang diberi Kitosan silika ditizon)

| No | Massa kitosan silika (g) | Konsentrasi (mg/L) | Absorbansi | | | Absorbansi rata-rata | Konsentrasi hasil uji (mg/L) | Kapasitas Adsorpsi (mg/gram) |
|----|--------------------------|--------------------|------------|-------|-------|----------------------|------------------------------|------------------------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | 0,0501 | 10 | 0,032 | 0,031 | 0,03 | 0,0310 | 9.6545 | 42.59773137 |
| 2 | 0,0501 | 20 | 0,051 | 0,052 | 0,052 | 0,0517 | 16.2703 | 127.7931941 |
| 3 | 0,0502 | 30 | 0,031 | 0,03 | 0,029 | 0,0300 | 9.3343 | 3252.234963 |
| 4 | 0,05 | 40 | 0,101 | 0,1 | 0,099 | 0,1000 | 31.7429 | 170,7317073 |
| 5 | 0,0501 | 50 | 0,113 | 0,113 | 0,113 | 0,1130 | 35.9045 | 809.356896 |

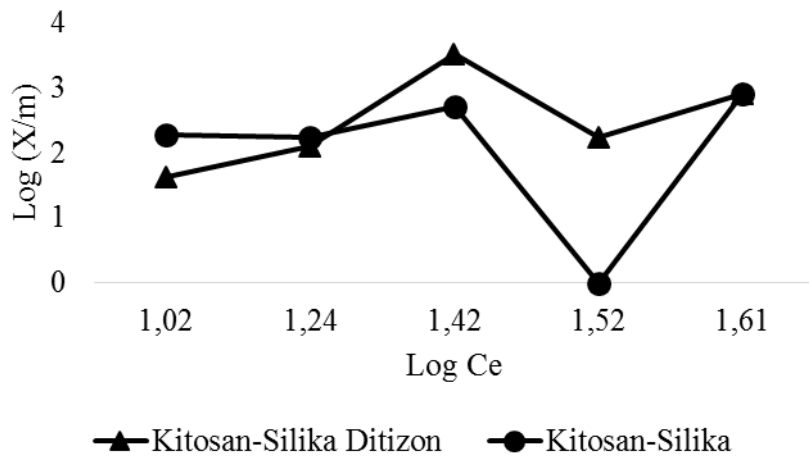


5. Isoterm Adsorpsi

| C Awal (ppm) | Ce (ppm) | X/m (sil-dit) | X/m (sil) | Ce/ (x/m) sil-dit | Ce/ (x/m) sil | Log Ce | log (x/m) (sil-dit) | log (x/m) sil |
|--------------|----------|---------------|-----------|-------------------|---------------|--------|---------------------|---------------|
| 10 | 10,4798 | 42.7805 | 192.1287 | 0,2450 | 0,0545 | 1.0203 | 1.6312 | 2.2836 |
| 20 | 17.5526 | 128.3414 | 170,7810 | 0,1368 | 0,1028 | 1.2443 | 2.1084 | 2.2324 |
| 30 | 26.3402 | 3266.1876 | 512.3431 | 0,0081 | 0,0514 | 1.4206 | 3.5140 | 2.7095 |
| 40 | 33.3059 | 171.4642 | -21.3052 | 0,1942 | 0 | 1.5225 | 2.2342 | 0 |
| 50 | 40,7003 | 812.8292 | 814.4548 | 0,0501 | 0,0499 | 1.6096 | 2.9099 | 2.9108 |



Gambar 4. 39 Kurva Isoterm Langmuir untuk Logam Pb



Gambar 4. 40 Kurva Isoterm Freundlich untuk Logam Pb

| Keterangan | <i>Langmuir</i> | | <i>Freundlich</i> | |
|------------------|-----------------|---------|-------------------|--------|
| | KS | KSD | KS | KSD |
| R^2 | 0,2367 | 0,2861 | 0,0175 | 0,3313 |
| <i>Slope</i> | -0,0112 | -0,0332 | -0,0978 | 0,2683 |
| <i>Intercept</i> | 0,0853 | 0,2265 | 2,3207 | 1,6746 |

Lampiran 6. Perhitungan Pembuatan Larutan Penyangga

a) pH 6 100 mL dari 20 mL CH_3COOH 0,2 M dan 80 mL CH_3COONa 0,2 M

$$K_a \text{ CH}_3\text{COOH} = 10^{-5}$$

Kesetimbangan Kimia :



$$[\text{H}^+] = K_a \times \frac{[\text{mol asam lemah}]}{[\text{mol basa konjugasi} \times \text{valensi}]} \quad \text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-5} \times \frac{[20 \text{ mL} \times 0,2 \text{ M}]}{[80 \text{ mL} \times 0,2 \text{ M}]} \quad \text{pH} = -\log [2,5 \times 10^{-6}]$$

$$\text{pH} = 6 - \log 2,5$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-5} \times \frac{[4 \text{ mol}]}{[16 \text{ mol}]} \quad \text{pH} = 6 - 0,3974$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-5} \times 2,5 \cdot 10^{-1} \quad \text{pH} = 5,6076$$

$$[\text{H}^+] = 2,5 \times 10^{-6}$$

Pembuktian:

$$[\text{H}^+] = K_a \times \frac{[\text{mol asam lemah}]}{[\text{mol basa konjugasi} \times \text{valensi}]}$$

$$2,5 \times 10^{-6} = 10^{-5} \times \frac{[0,2 \text{ M} \times V_1]}{[0,2 \text{ M} \times V_2 \times 1]}$$

$$\frac{2,5 \times 10^{-6}}{10^{-5}} = \frac{[0,2 \text{ M} \times V_1]}{[0,2 \text{ M} \times V_2]}$$

$$2,5 \times 10^{-1} = \frac{[0,2 \text{ M} \times V_1]}{[0,2 \text{ M} \times V_2]}$$

$$0,05 V_2 = 0,2 V_1$$

Jadi perbandingan CH_3COOH 0,2 M (V_1) dan CH_3COONa 0,2 M (V_2) adalah 1:4.

$$V \text{ CH}_3\text{COOH} : \frac{1}{1+4} \times 100 \text{ mL} = 20 \text{ mL}$$

$$V \text{ CH}_3\text{COONa} : \frac{4}{1+4} \times 100 \text{ mL} = 80 \text{ mL}$$