

LAPORAN TUGAS AKHIR

**PENENTUAN LOGAM KROM TOTAL PADA HASIL
ADSORPSI DENGAN KITOSAN DAN KITOSAN *BEAD*
SECARA SPEKTROFOTOMETER SERAPAN ATOM**

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



Disusun oleh :

Bella Isra Chaerunnisa

NIM : 18231053

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III ANALISIS KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

YOGYAKARTA

2021

LAPORAN TUGAS AKHIR

**PENENTUAN LOGAM KROM TOTAL PADA HASIL
ADSORPSI DENGAN KITOSAN DAN KITOSAN *BEAD*
SECARA SPEKTROFOTOMETER SERAPAN ATOM**

**DETERMINATION OF TOTAL CHROMIUM METAL ON
ADSORPTION BY CHITOSAN AND CHITOSAN BEAD BY
ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETER**



Disusun oleh :

Bella Isra Chaerunnisa

NIM : 18231053

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III ANALISIS KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

YOGYAKARTA

2021

HALAMAN PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

**PENENTUAN LOGAM KROM TOTAL PADA HASIL
ADSORPSI DENGAN KITOSAN DAN KITOSAN *BEAD*
SECARA SPEKTROFOTOMETER SERAPAN ATOM**

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Bella Isra Chaerunnisa

NIM: 18231053

Telah disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Program Studi D III Analisis Kimia

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia

pada tanggal 28 Mei 2021

Menyetujui,

Ketua Program Studi

Pembimbing



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

NIK. 132311102



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

NIK. 052316004

HALAMAN PENGESAHAN

**LAPORAN TUGAS AKHIR
PENENTUAN LOGAM KROM TOTAL PADA HASIL
ADSORPSI DENGAN KITOSAN DAN KITOSAN *BEAD*
SECARA SPEKTROFOTOMETER SERAPAN ATOM**

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Bella Isra Chaerunnisa

NIM: 18231053

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada tanggal 4 Juni 2021

Susunan Tim Penguji

Pembimbing/Penguji

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

NIK. 052316004

Penguji I

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

NIK. 132311102

Penguji II

Puji Kurniawati, S.Pd.Si., M.Sc

NIK. 132311103

Mengetahui,

Dekan Fakultas MIPA UII



Prof. Rivanto, S.Pd., M.Si., Ph.D.

NIK. 006120101

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Penentuan Logam Krom Total pada Hasil Adsorpsi dengan Kitosan dan Kitosan *Bead* Secara Spektrofotometer Serapan Atom” tidak terdapat bagian yang pernah digunakan untuk publikasi sebelumnya 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. Saya memperbolehkan sebagian pengutipan karya saya ini sebagai materi praktikum setelah penerbitan karya ini.

Yogyakarta, 28 Mei 2021



(Bella Isra Chaerunnisa)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahilakhirabbil'aalamin

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT Karena atas segala karunia dan nikmatnya, saya dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

Kepada Bapak Tatang Achoerun, Mamah Tanti Hestianti, Aa Luthfi Ramadhan Chaerunnanda yang saya sayangi dan cintai, Terimakasih telah memberikan doa, dukungan baik materil maupun moril dan semangatnya secara langsung maupun tidak langsung. Terimakasih telah memberikan kepercayaan untuk bisa kuliah di perantauan dan menyelesaikan tugas akhir di kuliah ini. Semoga allah selalu melindungi keluarga kita. Tidak lupa kepada bibi, tante, om, uwa, dan sepupu-sepupuku tercinta terimakasih selalu memberikan semangat, doa dan dukungannya.

Kepada Ibu Yuli Rohyami, S.Si, M.Sc Terimakasih telah memberikan bimbingan, dukungan dan semangatnya dalam proses penelitian dan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini. Terimakasih telah sabar dalam menghadapi penelitian saya yang penuh lika-liku. Semoga ibu selalu dalam keadaan sehat dan allah membalas semua kebaikan ibu, Aamiin.

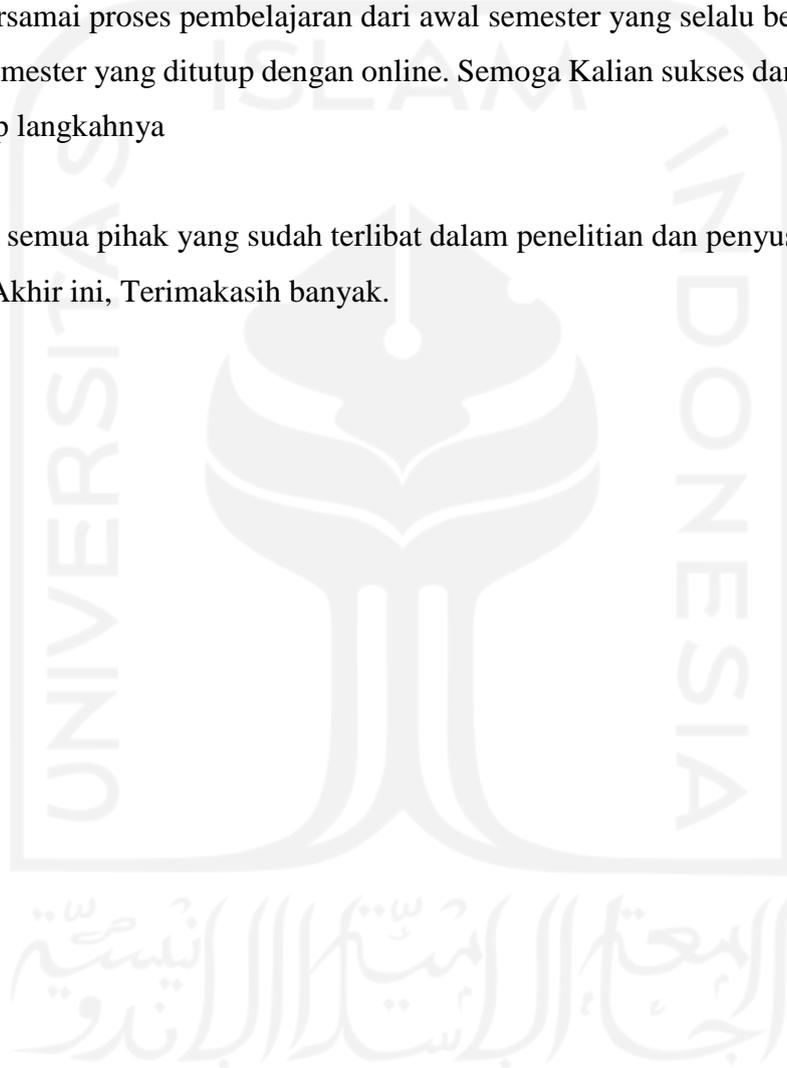
Kepada Prodi DIII Analisis Kimia dan para dosen Terimakasih atas kontribusi dalam membimbing saya dalam proses pembelajaran. Semoga ilmu yang telah diberikan dapat saya terapkan di kedepannya nanti. Terimakasih atas semuanya semoga allah membalas kebaikan bapak dan ibu, Aamiin

Kepada Ayu Wandira, Deya Aprilia, Rizki Adella, Team trex, dan Snackey girls. Terimakasih telah menjadi teman terbaik, menemani suka dan duka saya di dunia perkuliahan serta selalu menerima keluh kesah dikehidupan ini. Terimakasih

banyak semoga kita selalu bersama dan dilancarkan semua kehidupan kalian. *I love you guys*. Terimakasih kepada semua teman – teman yang tidak bisa saya sebutkan, semoga kalian sehat selalu. Aamiin

Kepada semua teman-teman DIII Analisis Kimia angkatan 2018, terimakasih telah kebersamai proses pembelajaran dari awal semester yang selalu bertemu hingga akhir semester yang ditutup dengan online. Semoga Kalian sukses dan dimudahkan di setiap langkahnya

Kepada semua pihak yang sudah terlibat dalam penelitian dan penyusunan laporan Tugas Akhir ini, Terimakasih banyak.



KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Puji Syukur kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya, shalawat dan salam semoga tercurah limpahkan kepada nabi Muhammad SAW. Berkat rahmat dan hidayahnya penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Penentuan Logam Krom Total pada Hasil Adsorpsi dengan Kitosan dan Kitosan *Bead* Secara Spektrofotometer Serapan Atom”. Laporan ini berisi tentang bagaimana hasil penentuan pengaruh pada adsorpsi logam krom menggunakan adsorben kitosan dan kitosan *bead*, sehingga menghasilkan kapasitas adsorpsi yang maksimum

Laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md.Si) DIII Analisis Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia. Selama menyusun tugas akhir ini, tidak sedikit kesulitan dan hambatan yang penulis alami, namun berkat dukungan, dorongan dan semangat dari orang terdekat penulis mampu menyelesaikannya, untuk itu izinkanlah penulis mengucapkan terimakasih setulus hati yang tak terhingga kepada:

1. Bapak Prof. Riyanto, S.Pd, M.Si, Ph.D selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan alam Universitas Islam Indonesia.
2. Ibu Tri Esti Purbaningtias, S.Si, M,Si selaku Ketua Program Studi DIII Analisis Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan alam Universitas Islam Indonesia.
3. Ibu Yuli Rohyami, S.Si, M.Sc. Selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bimbingan, dukungan dan semangatnya dalam proses penelitian dan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.
4. Seluruh dosen dan staff Program Studi DIII Analisis Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan alam Universitas Islam Indonesia atas

semua bantuan dan ilmu yang telah diberikan.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, untuk itu penulis memohon maaf sebesar-besarnya dan mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun agar dikemudian hari penulis dapat mempersembahkan hasil yang lebih baik.

Wassalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, 28 Mei 2021

Penyusun,



PENENTUAN LOGAM KROM TOTAL PADA HASIL ADSORPSI DENGAN KITOSAN DAN KITOSAN *BEAD* SECARA SPEKTROFOTOMETER SERAPAN ATOM

Bella Isra Chaerunnisa
Program Studi Diploma III Analisis Kimia FMIPA Universitas Islam
Indonesia

Jl. Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta

18231053@students.uii.ac.id

INTISARI

Telah dilakukan penelitian tentang optimasi adsorpsi logam krom menggunakan adsorben kitosan dan kitosan *Bead*. Metode yang digunakan yaitu adsorpsi atau penyerapan secara spektrofotometer serapan atom. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pH, massa adsorben, waktu dan konsentrasi terhadap adsorpsi Cr, menggunakan adsorben kitosan dan kitosan *bead* sehingga menghasilkan kapasitas adsorpsi yang maksimum. Kitosan digunakan sebagai adsorben karena mempunyai gugus fungsi utama yaitu hidroksil dan amina yang dapat mengikat kuat ion logam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa memodifikasi kitosan tidak merubah struktur kitosan, tetapi menambah struktur kitosan sehingga gugus amina lebih aktif daripada kitosan. Penentuan pengaruh variasi pH kitosan murni dan kitosan *bead* optimum pada pH 5 dan pH 3 kapasitas adsorpsi sebesar 3,7522 mg/g dan 7,3883 mg/g. Pengaruh massa optimum oleh kitosan dan kitosan *bead* pada massa 0,025 gram dengan kapasitas adsorpsi 15,5617 mg/g dan 17,0771 mg/g. Pengaruh waktu optimum kitosan dan kitosan *bead* pada waktu 120 menit dengan kapasitas adsorpsi 21,0899 mg/g dan 21,0908 mg/g. Pengaruh konsentrasi optimum kitosan dan kitosan *bead* pada konsentrasi 125 mg/L dengan kapasitas adsorpsi 49,7917 mg/g dan 56,1480 mg/g. Proses adsorpsi pada penelitian ini mengikuti persamaan isoterm Freundlich oleh kitosan dan kitosan *bead*.

Kata kunci : Kitosan, kitosan *bead*, kromium, adsorpsi, dan spektrofotometer serapan atom

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	x
INTISARI.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Kitosan dan Kitosan <i>bead</i>	4
2.2 Logam Cr (Kromium)	6
2.3 Adsorpsi	7
2.4 Isoterm Adsorpsi	11
2.4.1 Isoterm Langmuir.....	11
2.4.2 Isoterm Freundlich	11
2.5 Spektrofotometer Serapan Atom.....	12
2.6 Karakterisasi kitosan dan kitosan <i>bead</i>	16
2.6.1 <i>Fourier transform infrared</i> (FTIR)	16
2.6.2 <i>X-ray diffraction</i> (XRD).....	18
BAB III METODOLOGI.....	20
3.1 Alat.....	20
3.2 Bahan.....	20
3.3 Cara Kerja	20
3.3.1 Pembuatan larutan.....	20
3.3.2 Pembuatan kitosan <i>bead</i>	22
3.3.3 Penentuan karakterisasi kitosan dan kitosan <i>bead</i>	22
3.3.4 Penentuan Optimasi adsorben kitosan <i>bead</i> dan kitosan	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Karakterisasi kitosan dan kitosan <i>bead</i>	25
4.1.1 <i>Fourier transform infrared</i> (FTIR)	25
4.1.2 <i>X-ray diffraction</i> (XRD)	29
4.2 Optimasi pH	31
4.3 Optimasi waktu	34
4.4 Optimasi konsentrasi.....	36
4.5 Isoterm Adsorpsi	37
BAB V PENUTUP.....	41
5.1 Kesimpulan	41

5.2	Saran.....	41
	DAFTAR PUSTAKA	42
	LAMPIRAN.....	46



DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Hasil penentuan gugus fungsi kitosan dan kitosan bead 1-5%	26
Tabel 4. 2 Hasil penentuan %derajat deasetilasi kitosan dan kitosan bead 1-5% .	27
Tabel 4. 3 Hasil penentuan kapasitas adsorpsi pengaruh pH.....	31
Tabel 4. 4 Hasil penentuan kapasitas adsorpsi pengaruh massa	32
Tabel 4. 5 Hasil penentuan kapasitas adsorpsi pengaruh waktu	34
Tabel 4. 6 Hasil penentuan kapasitas adsorpsi pengaruh konsentrasi.....	35
Tabel 4. 7 Nilai koefisien determinasi, slope, intersep dan konstanta isoterm	38



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Kitosan	4
Gambar 2. 5 Instrumen Spektrofotometer Serapan Atom	15
Gambar 4. 1 Spektrum gabungan FTIR kitosan dan kitosan bead 1-5%	27
Gambar 4. 2 Difraktogram hasil pengujian kitosan dan ktosan bead 1-5%	28
Gambar 4. 3 Grafik optimasi pengaruh pH.....	30
Gambar 4. 4 Grafik optimasi pengaruh massa	32
Gambar 4. 5 Grafik optimasi pengaruh waktu	33
Gambar 4. 6 Grafik optimasi pengaruh konsentrasi	35
Gambar 4. 7 Kurva isoterm langmuir adsorpsi logam krom.....	37
Gambar 4. 8 Kurva isoterm freundlich adsorpsi logam krom.....	37



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang berkembang dengan pembangunan yang pesat, salah satu contoh pembangunan yang pesat adalah industri. Mayoritas para negara memandang bahwa industrialisasi dapat menjamin proses pembangunan ekonomi dalam jangka panjang dengan tingginya laju pertumbuhan ekonomi, sehingga menghasilkan pendapatan perkapita yang meningkat di setiap tahunnya (Tambunan, 2001). Banyaknya industrialisasi akan menyebabkan penumpukan limbah yang mengandung logam berat. Limbah yang dihasilkan diantaranya berasal dari industri pelapisan listrik, penyamakan kulit, pengawetan semen, cat, pigmen, tekstil, fabrikasi baja dan industri pengalenga yang mengandung salah satu logam berat yaitu logam krom (Cr) (Hamadi, 2001).

Kromium (Cr) di alam memiliki tiga bilangan oksidasi yaitu Cr(II), Cr(III) dan Cr(VI) (Mohan, 2006). Krom(VI) dikenal sangat mudah bergerak di tanah dan sistem perairan, dan juga 500 kali lebih beracun, mutagenik, dan karsinogenik daripada Cr(III) (Dubey, 2007). Menurut Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 tahun 1995 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, batas maksimal krom total (Cr) yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah 2,0 mg/L. Oleh karena itu, harus adanya upaya proses untuk menghilangkan ion logam berat secara efektif yang ada di lingkungan (Sarin, 2006). Metode yang diterapkan untuk penghilangan Cr salah satunya adalah dengan metode adsorpsi. Adsorpsi merupakan teknik yang paling sering diterapkan karena memiliki kelebihan yaitu dapat melakukan variasi bahan adsorben dengan efisiensi tinggi dan biaya yang relatif lebih rendah (Babel, 2003). Banyak bahan biologi telah menunjukkan kapasitas adsorpsi yang baik untuk logam berat dari larutan berair seperti alginat (Pandey et al., 2007), rumput laut (Ghimire et al., 2008), sekam (Ricordel et al., 2001), pulp bit gula (Ozer dan Tumen, 2005), dan kitosan (Zhao et

al., 2013). Beberapa penelitian sudah banyak dilakukan menggunakan beberapa adsorben salah satunya menggunakan kitosan dan kulit udang (Pratiwi dan Prinajati, 2018).

Kitosan merupakan turunan utama kitin, dan biopolimer kedua yang melimpah di alam setelah selulosa, memiliki gugus fungsi amina dan hidroksil dalam strukturnya yang berfungsi sebagai tempat adsorpsi untuk ion logam berat (Baroni, 2008). Pembuatan adsorben dilakukan dengan beberapa modifikasi, yaitu kitosan diubah menjadi bentuk kitosan *bead* sebagai adsorben, kitosan dapat digunakan secara langsung dalam bentuk serpihan. Namun, telah banyak penelitian yang menggunakan kitosan dalam bentuk butiran, hidrogel, dan membran atau film. Memodifikasi struktur kitosan dilakukan untuk meningkatkan kemampuan atau kapasitas adsorpsi, kekuatan mekanik, dan kestabilannya (Sugita, 2009). Kitosan dan kitosan *bead* kemudian dianalisis gugus fungsi menggunakan spektrofotometri inframerah dan dianalisis kristanilitas menggunakan *X-ray diffraction*.

Proses adsorpsi memiliki beberapa faktor pengaruh yaitu pH, massa adsorben, waktu, konsentrasi, suhu dan ukuran partikel (Rozas, 2005). Oleh karena itu, untuk mendapatkan hasil adsorpsi yang maksimal harus dilakukan optimalisasi ion logam Cr terhadap kitosan dan kitosan *bead*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh pH, massa adsorben, waktu dan konsentrasi sehingga proses adsorpsi berkerja secara optimal dan dapat menghasilkan kapasitas adsorpsi yang optimum. Penentuan kondisi optimum dapat ditentukan dengan melihat kapasitas adsorpsi tertinggi.

Analisis kapasitas adsorpsi menggunakan adsorben kitosan dan kitosan *bead* dilakukan menggunakan acuan metode sesuai dengan SNI 06-6989.17-2004 Air dan air limbah – Bagian 17: Cara uji krom total (Cr- T) dengan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala. Pemilihan metode ini dilakukan karena memiliki keunggulan diantaranya analisis berjalan dengan cepat, memiliki ketelitian yang tepat, sensitivitas yang sangat tinggi, dan tidak membutuhkan reagen yang banyak sehingga ramah lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik kitosan dan kitosan *bead* yang diuji menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan *X-ray diffraction* (XRD)?
2. Bagaimana pengaruh pH, massa adsorben, waktu dan konsentrasi terhadap adsorpsi logam krom (Cr) menggunakan adsorben kitosan dan kitosan *bead*, sehingga menghasilkan kapasitas adsorpsi maksimum?
3. Apakah proses adsorpsi logam krom (Cr) menggunakan adsorben kitosan dan kitosan *bead* dapat mengikuti model isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich?

1.3 Tujuan

1. Mengetahui karakteristik kitosan dan kitosan *bead* yang diuji menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan *X-ray diffraction* (XRD)?
2. Mengetahui pengaruh pH, massa adsorben, waktu dan konsentrasi terhadap adsorpsi logam krom (Cr) menggunakan adsorben kitosan dan kitosan *bead*, sehingga menghasilkan kapasitas adsorpsi maksimum.
3. Mengetahui model isoterm adsorpsi logam krom (Cr) pada adsorben kitosan dan kitosan *bead* secara Langmuir dan Freundlich.

1.4 Manfaat

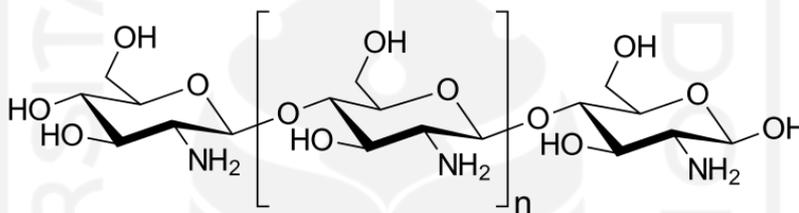
1. Memberikan informasi tentang kondisi optimum terhadap faktor pengaruh proses adsorpsi logam krom (Cr) menggunakan adsorben kitosan dan kitosan *bead* dengan metode spektrofotometer serapan atom.
2. Memberikan informasi sebagai upaya pengurangan paparan krom (Cr) di lingkungan menggunakan proses adsorpsi dengan adsorben kitosan dan kitosan *bead*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kitosan dan Kitosan *bead*

Kitosan adalah turunan utama kitin dan merupakan biopolimer kedua yang melimpah di alam setelah selulosa. Rumus senyawa kimia yang dimiliki yaitu poli(2-amino-2-dioksi- β -D-Glukosa) yang dapat dihasilkan dari proses deasetilasi kitin. Kitosan memiliki gugus fungsi utama yaitu hidroksil (OH) dan amina (NH_2). Gugus fungsi tersebut memiliki peran yang signifikan atau kuat dalam mengikat ion-ion logam berat, termasuk logam krom (Islam et al., 2019).



Gambar 2. 1 Struktur Kitosan

Kitosan, seperti kitin, sulit larut dalam air dan akan larut sebagian besar pada pelarut organik dan anorganik, kecuali asam organik dengan konsentrasi yang rendah. Parameter utama kelarutan pada kitosan bergantung pada derajat deasetilasi dan distribusi gugus amino dirantai polimernya (Vijay et al., 2013). Kitosan yang memiliki kandungan gugus aktif amina dalam jumlah besar, dapat terprotonasi membentuk NH_3^+ dan dalam suasana asam mampu berikatan dengan polianion membentuk kompleks, kitosan dengan pH diatas 4 akan membentuk senyawa kompleks dengan zat pewarna serta logam berat (Juang et al., 1997). Kitosan memiliki karakteristik yang tidak teratur, dapat berbentuk kristalin atau semikristalin. Kitosan berwarna putih dengan bentuk padatan amorf tetapi memiliki struktur kristal yang tidak berubah dari awal pembentukan senyawa kitin murni.

Kitosan merupakan biopolymer alam yang bersifat polielektrolit kationik yang berpotensi tinggi dalam penyerapan logam yang mudah terbiodegradasi dan tidak beracun, sehingga sifat yang dimiliki kitosan ini sangat baik dan menjadi subjek penelitian yang intensif sebagai bahan dasar untuk membentuk gel, spons,

komposit, dan film (Takeshita et al, 2017), selain itu dapat menjadi salah satu dasar pemanfaatan kitosan di beberapa bidang. Kitosan memiliki sifat biodegradable sehingga dapat dimanfaatkan dalam bidang pertanian. Tanaman dapat memiliki ketahanan terhadap hama jamur jika di perlakukan menggunakan kitosan. Bidang kesehatan, kitosan sangat baik untuk program diet, karena dapat menurunkan kadar kolesterol, antikoagulan dalam darah, dan dapat digunakan sebagai anti bakteri. Bidang bioteknologi kitosan bermanfaat sebagai imobilisasi enzim, pemisahan protein dan dapat digunakan untuk regenerasi sel. Selain itu, kitosan dapat digunakan sebagai antioksidan, pengawet alami, penyerap zat warna dan pengemulsi dalam industri makanan. Kitosan juga dimanfaatkan sebagai adsorben atau pengkhelat logam (Wiyarsi dan Priyambodo, 2011).

Pemanfaatan kitosan dalam bidang lingkungan dapat dijadikannya sebagai adsorben atau atom penjerap logam berat, seperti timbal (Pb), krom (Cr) dan raksa (Hg) yang terdapat pada air yang tercemar (Sri et al, 2013). Untuk mengolah limbah cair yang mengandung banyak pencemaran logam dapat dilakukan dengan berbagai metode seperti koagulasi atau flokulasi, filtrasi, proses membrane, pertukaran ion, pengendapan dan juga proses-proses berbagai reaksi kimia dan biologi. Tetapi untuk penerapan di setiap metode terdapat keunggulan dan keterbatasannya masing-masing seperti aspek teknis, dampak yang terjadi, dan biaya yang diperlukan relatif murah (Alimuniar, 1998).

Pada penelitian yang telah dilakukan Muzarelli (1977) melaporkan bahwa kitosan dapat menyerap logam-logam dengan baik seperti tembaga (Cu), timbal (Pb), besi (Fe), nikel (Ni). Menurut beberapa peneliti seperti Hutahean (2001) menggunakan kitosan sebagai adsorben logam seng (Zn) dan krom (Cr) telah berhasil menurunkan kadar logam tersebut. Penelitian yang telah dilakukan oleh Amelia (1991) menyatakan bahwa mampu menurunkan kadar logam Cu menggunakan larutan kitosan pada limbah industry pelapisan logam hingga 60%. Adriana, Mudjijati, Selvi Elvira dan vera Setijawati (2001) telah meneliti penggunaan kitosan dari kulit udang untuk mengadsorpsi Cr(VI).

Kitosan sebagai adsorben dapat digunakan secara langsung dalam bentuk serpihan, tetapi kitosan dapat ditingkatkan kapasitas adsorpsinya dengan cara

kimiawi seperti ikatan silang, penambahan gugus fungsi, dan dengan pengkondisian fisik biopolimer sebagai manik-manik atau serat gel (Mandal dan Chakrabarty, 2011).

Contoh modifikasi dari kitosan adalah kitosan *bead*. Pada proses pembuatan kitosan *bead* terjadi repolimerisasi kitosan, kitosan dibuat bentuk gel kemudian dibentuk dan direndam dalam larutan NaOH, proses ini diharapkan polimer kitosan lebih tertata sehingga strukturnya lebih teratur dan apabila diaplikasikan sebagai adsorben akan menjadi adsorben yang lebih efektif interaksinya jika dibandingkan dengan kitosan. Modifikasi kitosan tidak merubah struktur dari kitosan sendiri, tetapi pembentukan kitosan *bead* dapat meningkatkan struktur kitosan sehingga memiliki gugus amina yang lebih aktif dibandingkan dengan kitosan.

Kitosan dapat disintesis menjadi kitosan *bead* yang tidak larut dalam asam sehingga dapat dimanfaatkan lebih luas, dengan adanya asam lemah encer di dalam matriks kitosan *bead* akan menyebabkan gugus $-NH_2$ kitosan *bead* memiliki afinitas elektron lebih tinggi dibanding kitosan. Afinitas elektron yang dimiliki kitosan *bead* menyebabkan meningkatnya kemampuan kitosan *bead* dalam mengadsorpsi logam berat (Cahyaningrum et al., 2011).

Adsorben kitosan yang tidak dimodifikasi dapat bersifat rapuh, terutama dalam bentuk film yang tipis dan kering, serta memiliki kekuatan mekanik yang relatif rendah, sehingga untuk mengatasi hal ini dapat dilakukan dengan pengikatan silang yang didefinisikan sebagai penggabungan senyawa dengan berat molekul rendah yang menstabilkan ke dalam struktur tiga dimensi rantai polimer, salah satu contohnya dengan penambahan glutaraldehid (Jozwiah et al., 2017).

2.2 Logam Cr (Kromium)

Logam kromium merupakan logam berwarna abu-abu, ditambang dalam bentuk bijih kromit, tidak berbau dan mengkilat. Kromium terdapat dalam beberapa bentuk senyawa. Senyawa sangat umum adalah kromium(0), kromium(III) dan kromium(VI), tetapi kromium yang sering dijumpai adalah kromium(III) dan kromium(VI). Kromium(III) memiliki sifat racun yang lebih rendah dibandingkan dengan kromium(VI) (Wiyarsi dan Erfan, 2009). Menurut Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 1995 Tentang Baku Mutu Limbah

Cair Bagi Kegiatan Industri, batas maksimal krom total (Cr) yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah 2,0 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa krom total (Cr) dalam jumlah sedikit dapat menyebabkan masalah bagi lingkungan.

Logam kromium memiliki dampak positif dan negatif bagi tubuh, kromium dengan kadar yang sedikit akan terlibat pada proses metabolisme karbohidrat, kolesterol dan protein. Makanan saat ini yang dikonsumsi oleh masyarakat sangat sedikit mengandung kromium, padahal kekurangan kromium dapat menyebabkan kelelahan, kegelisahan, diabetes, dan gangguan metabolisme asam amino (Ahmad, 2004). Dampak negatif kromium adalah tingginya toksisitas bagi tubuh manusia, seperti akan mengganggu saluran pernapasan, kulit, pembuluh darah dan ginjal (Schutzendubel dan Polle, 2001).

Pencemaran kromium dapat dihasilkan dari industri-industri seperti industri tekstil, pelapisan logam, industri cat, industri penyamakan kulit, industri tinta dan pada industri penghilangan minyak. Pencemaran tersebut disebabkan karena berasal dari natrium kromat dan natrium dikromat dimana kedua senyawa tersebut adalah spesies Cr(VI) yang bersifat toksik, sehingga harus ada upaya untuk mengurangi sifat toksisitas tersebut dengan cara mengadsorpsi atau mendegradasinya (Rosihan dan Husaini, 2017).

Menurut Sugita (2009), Kitosan memiliki gugus amino ($-NH_2$) merupakan sisi aktif yang dalam kondisi asam berair, akan menangkap H^+ dari lingkungannya sehingga gugus aminanya terprotonasi menjadi $-NH_3^+$. Muatan positif $-NH_3^+$ ini dapat dimanfaatkan untuk mengadsorpsi zat warna anionik. Sementara adsorpsi zat warna kationik dan kation logam memanfaatkan keberadaan pasangan elektron bebas pada gugus OH dan NH_3 yang bertindak sebagai ligan, Sehingga kitosan dapat dijadikan adsorben dan diharapkan dapat mengadsorpsi logam Cr dengan baik.

2.3 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan kemampuan menempel suatu zat pada permukaan karena adanya gaya tarik menarik permukaan. Adsorbat merupakan Bagian yang menempel dan Adsorben merupakan tempat menempel atau terikat (Soemirat, 2015). Menurut Mantel (1951), sorpsi merupakan suatu proses untuk penyerapan

ion terhadap partikel penyerap atau sorban. Sorpsi memiliki dua proses yaitu adsorpsi dan absorpsi. Proses adsorpsi akan terjadi apabila suatu ion tertahan di permukaan adsorban (penyerap), berbeda dengan absorpsi akan terjadi pengikatan secara langsung hingga ke dalam partikel penyerap atau adsorben. Menurut Darmansyah et al (2016) karakteristik adsorben yang dibutuhkan untuk adsorpsi antara lain luas permukaan adsorben yang besar, memiliki kapasitas terhadap adsorbat, dan tidak ada perubahan volume yang berarti selama proses adsorpsi maupun desorpsi.

Menurut Adamson (1990), Peristiwa adsorpsi pada umumnya menggunakan adsorben berupa zat padat. Adsorpsi oleh zat padat dibedakan atas adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Adsorpsi fisika terjadi apabila terdapat perbedaan energi atau perbedaan akibat adanya gaya van der Waals antara adsorbat dan adsorben yang menyebabkan adsorbat terikat atau tertarik pada molekul adsorben. Proses ini bersifat reversible atau atom-atom yang sudah terikat dapat dilepaskan kembali dengan bantuan pelarut tertentu yang memiliki sifat sama dengan atom yang diikat. Ketika kedua zat terjadi secara reaksi kimia maka akan membentuk senyawa yang baru pada adsorben yang digunakan. Ikatan yang terjadi pada adsorpsi secara kimia bersifat irreversible sehingga ikatan yang terjadi antara adsorben dan adsorbat sangat kuat, pada proses ini dibutuhkan energi yang cukup besar untuk melepaskan ikatan antara adsorben dan adsorbat. Peristiwa adsorpsi yang terjadi secara kimia, pada umumnya temperatur yang terjadi akan meningkat sehingga kapasitas adsorpsi yang dihasilkan juga akan meningkat. Meningkatnya temperatur tersebut akan memungkinkan menyebabkan terjadinya perubahan pada adsorpsi secara fisika menjadi adsorpsi kimia. Menurut Wiyarsi dan Erfan (2011), adsorpsi oleh zat padat ditandai dengan beberapa fakta diantaranya:

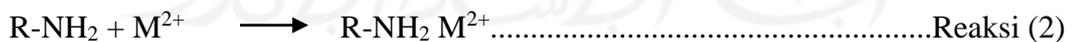
1. Adsorpsi bersifat selektif, artinya suatu adsorben dapat menyerap sangat banyak suatu zat, tetapi tidak dengan menyerap zat tertentu
2. Kecepatan adsorpsi akan berkurang semakin banyak zat yang diserap
3. Jumlah yang akan diserap tergantung keadaan temperatur, semakin jauh jarak temperatur penyerapan dengan temperatur kritis, maka zat yang akan diserap semakin sedikit.

Proses adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan pada padatan tertentu terhadap zat tertentu yang akan terjadi akibat adanya gaya tarik atom. Beberapa faktor seperti struktur adsorben, berat adsorben, pH media, ukuran partikel, Kapasitas pertukaran elektron dan suhu sangat mempengaruhi proses terjadinya adsorpsi. Semakin tingginya porositas pada adsorben maka kapasitas adsorpsinya akan semakin besar. Adsorben padat yang baik memiliki porositas yang tinggi dan permukaan yang luas sehingga adsorpsi terjadi pada banyak tempat. Konsentrasi dan luas permukaan juga berpengaruh terhadap proses adsorpsi, semakin tinggi konsentrasi adsorbat maka semakin tinggi adsorbat yang teradsorpsi dan semakin tinggi luas permukaan adsorben, sehingga kapasitas adsorpsi akan semakin besar (Wiyarsi dan Erfan, 2011).

Li et al (2002) menjelaskan mekanisme adsorpsi kitosan terhadap ion logam dengan proses pembentukan senyawa kompleks. Situs aktif pada kitosan diperankan oleh atom N dari gugus amina (-NH₂) dan atom O dari gugus hidroksil (-OH). Kedua atom tersebut mempunyai elektron bebas yang dapat mengikat proton atau ion logam membentuk suatu kompleks. Antaraksi pasangan electron bebas pada atom O lebih kuat daripada antaraksi pasangan elektron bebas pada atom N sehingga atom N cenderung mudah menyumbangkan pasangan electron 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 elektrostatik antara pasangan elektron bebas dari atom N dengan ion logam polivalen lebih kuat daripada interaksi elektrostatik antara pasangan elektron bebas dari atom N dengan proton monovalen (H⁺).

Apabila konsentrasi logam sangat tinggi, maka daya desak ion logam terhadap kitosan sangat besar, akibatnya tidak hanya gugus amina yang berikatan, tetapi secara simultan gugus hidroksil juga berperan, sehingga tidak lagi terbentuk monolayer tetapi cenderung multilayer (Endang, 2007).

Faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas adsorpsi dari suatu adsorben seperti pH larutan, massa adsorben, waktu dan konsentrasi larutan jika dalam keadaan optimum akan menyebabkan semakin efektifnya penyerapan yang terjadi sehingga kapasitas adsorpsi yang dicapai akan semakin tinggi. Kapasitas adsorpsi (q) dapat diukur dengan kondisi optimum menggunakan rumus sebagai berikut : (Liu et al., 2009)

$$q = \frac{(C_i - C_f) \times V}{W \times 1000} \text{ (Persamaan 1)}$$

q : jumlah ion logam yang teradsorpsi ke permukaan adsorben (mg/g)

C_i : konsentrasi ion logam sebelum adsorpsi (mg/L)

C_f : konsentrasi ion logam sebelum dan sesudah adsorpsi (mg/L)

V : volume larutan mengandung ion logam yang digunakan (mL)

W : massa adsorben (g)

Hasil optimasi terhadap pengaruh proses adsorpsi yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti telah disampaikan pada jurnal Suhaib S. Salih dan Tushar K. Ghosh (2017) bahwa kapasitas adsorpsi Cr(VI) oleh kitosan optimum pada pH 5 dengan suhu 10⁰C. Adriana et al (2001) dalam penelitiannya bahwa waktu kontak optimum pada adsorpsi kitosan terhadap yaitu waktu interaksi 60-90 menit. Wiyarsi dan Erfan (2011) menyampaikan bahwa massa adsorben kitosan yang optimum terhadap adsorpsi Cr(VI) yaitu sebesar 0,375 gram. Haironi et al (2018) menyampaikan bahwa konsentrasi larutan logam Cr(VI) untuk mengadsorpsi menggunakan kitosan optimum pada konsentrasi 25 ppm, tetapi semakin tinggi konsentrasi larutan masih dapat meningkatkan nilai kapasitas adsorpsi.

2.4 Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi adalah suatu hubungan yang terjadi antara banyak zat yang teradsorpsi dalam keadaan temperatur yang konstan atau tetap. Isoterm adsorpsi dapat menggambarkan terjadinya proses distribusi antara adsorbat pada fase cair dan fase padat. Proses Isoterm adsorpsi tersebut dapat digambarkan pada sebuah persamaan. Isoterm adsorpsi yang umum digunakan adalah isoterm Freundlich dan isoterm Langmuir (Nwabanne, 2008).

2.4.1 Isoterm Langmuir

Isoterm adsorpsi Langmuir didasarkan atas beberapa asumsi, yaitu adsorpsi hanya terjadi pada lapisan tunggal (monolayer), panas adsorpsi tidak tergantung pada penutupan permukaan, dan semua situs dan permukaannya bersifat homogen (Oscik, 1994).

Persamaan isoterm adsorpsi Langmuir dapat diturunkan secara teoritis dengan menganggap terjadinya kesetimbangan antara molekul-molekul zat yang diadsorpsi pada permukaan adsorben dengan molekul-molekul zat yang tidak teradsorpsi. Persamaan isoterm adsorpsi Langmuir dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\frac{C}{x/m} = \frac{1}{\left(\frac{x}{m}\right)_{\text{mak}} K} + \frac{1}{\left(\frac{x}{m}\right)_{\text{max}}} C \quad (\text{Persamaan 2})$$

- C : konsentrasi adsorbat dalam larutan
x/m : konsentrasi adsorbat yang terjerap per gram adsorben
k : konstanta yang berhubungan dengan afinitas adsorpsi
(x/m)_{mak} : kapasitas adsorpsi maksimum dari adsorben

2.4.2 Isoterm Freundlich

Isoterm adsorpsi Freundlich adalah suatu hubungan yang terjadi pada keadaan seimbang antara zat yang teradsorpsi dengan konsentrasi dengan temperatur yang tetap, adsorpsi yang terjadi pada isoterm Freundlich yaitu pada permukaan multilayer atau bersifat heterogen sehingga tiap-tiap molekul memiliki potensi penyerapan yang berbeda. Freundlich mengatakan bahwa y merupakan berat zat terlarut per gram pada adsorben dan c merupakan konsentrasi zat terlarut larutan. Berdasarkan konsep tersebut dapat diturunkan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Log} \left(\frac{xm}{m} \right) = \text{Log} k + \frac{1}{n} \log C \quad (\text{Persamaan 3})$$

X_m : berat zat yang diadsorpsi

m : berat adsorben

C : konsentrasi zat

Nilai k dan n adalah konstanta adsorpsi yang nilainya bergantung pada jenis adsorben dan suhu adsorpsi. Nilai k dan n dapat dihitung mendapatkan persamaan linear dari kurva $\log (X_m / m)$ terhadap $\log C$ dengan intersep $\log k$ dan kemiringan $1/n$ (Handayani et al, 2009). Selain itu dari kurva yang didapatkan akan diketahui nilai koefisien determinasi (R^2), nilai yang memenuhi persyaratan isoterm adsorpsi yang sesuai yaitu apabila nilai koefisien korelasi mendekati angka 1. Nilai intensitas adsorpsi (k dan n) memiliki kisaran nilai yaitu 1-10. Apabila nilai k/n yang didapat berada pada rentang kisaran nilai yang ditetapkan (1-10), maka adsorpsi yang diuji dapat layak diaplikasikan untuk penelitian selanjutnya maupun penurunan adsorpsi pada pencemaran (Atkins, 1990).

Isoterm adsorpsi Freundlich berbeda dengan isoterm adsorpsi Langmuir, pada isoterm adsorpsi Freundlich gaya yang terjadi antara adsorbat dengan permukaan adsorben merupakan gaya Van der Waals, sehingga adsorpsi yang terjadi pada isoterm adsorpsi Freundlich merupakan adsorpsi fisika (Mahendra, 2007). Isoterm Langmuir akan terjadi secara adsorpsi tunggal. Adsorpsi tersebut terlokalisasi, artinya molekul-molekul zat hanya dapat diserap pada tempat-tempat tertentu dan panas adsorpsi tidak tergantung pada permukaan yang tertutup oleh adsorben, sehingga Isoterm adsorpsi Langmuir digunakan untuk menggambarkan adsorpsi kimia (Barrow, 1979).

2.5 Spektrofotometer Serapan Atom

Spektrofotometri serapan atom adalah suatu metode analisis yang didasarkan pada proses penyerapan energi radiasi oleh atom-atom yang berada pada tingkat tenaga dasar (*ground state*). Penyerapan energi akan menyebabkan terjadinya eksitasi elektron dari dalam kulit atom hingga ke tingkat yang lebih tinggi (*excited state*). Ketika terjadinya pengurangan intensitas radiasi akan sebanding dengan jumlah atom yang menyerap energi radiasi tersebut pada tingkat tenaga dasar. Intensitas radiasi yang diteruskan (transmitansi) atau mengukur intensitas radiasi

yang diserap (absorbansi), dapat diukur sehingga konsentrasi unsur di dalam cuplikan dapat ditentukan (Gunandjar, 1985).

Prinsip metode AAS ini yaitu berdasarkan pada absorpsi cahaya oleh atom, kemudian atom-atom akan menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unturnya (Khopkar, 1990).

Prinsip kerja dari spektrofotometer serapan atom didasarkan pada penguapan yang terjadi pada larutan sampel, logam yang ada di dalam sampel kemudian diubah menjadi atom bebas. Atom tersebut akan mengabsorpsi radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan dari lampu katoda (*hollow cathode lamp*) yang mengandung unsur yang akan ditentukan. Banyaknya penyerapan radiasi kemudian diukur pada panjang gelombang tertentu menurut jenis logamnya (Darmono, 1995).

Menurut Khopkar (1984) metode AAS sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah. Kelebihan analisis unsur dengan SSA selain alatnya yang canggih yaitu diantaranya analisis dilakukan dapat berjalan cepat, ketelitian yang dimiliki sangat tinggi dan tidak memerlukan pemisahan karena penentuan suatu unsur dapat dilakukan dengan kehadiran unsur lain, asalkan katoda berongga yang diperlukan tersedia. Metode AAS memiliki sensitivitas yang sangat tinggi, sehingga sering dijadikan sebagai pilihan utama dalam menganalisis unsur logam yang konsentrasinya sangat kecil. Untuk mengetahui konsentrasi logam dalam suatu sampel dapat ditentukan dengan cara absorbansi sampel terhadap konsentrasi larutan standar, hal ini sesuai dengan Hukum Lambert-Beer.

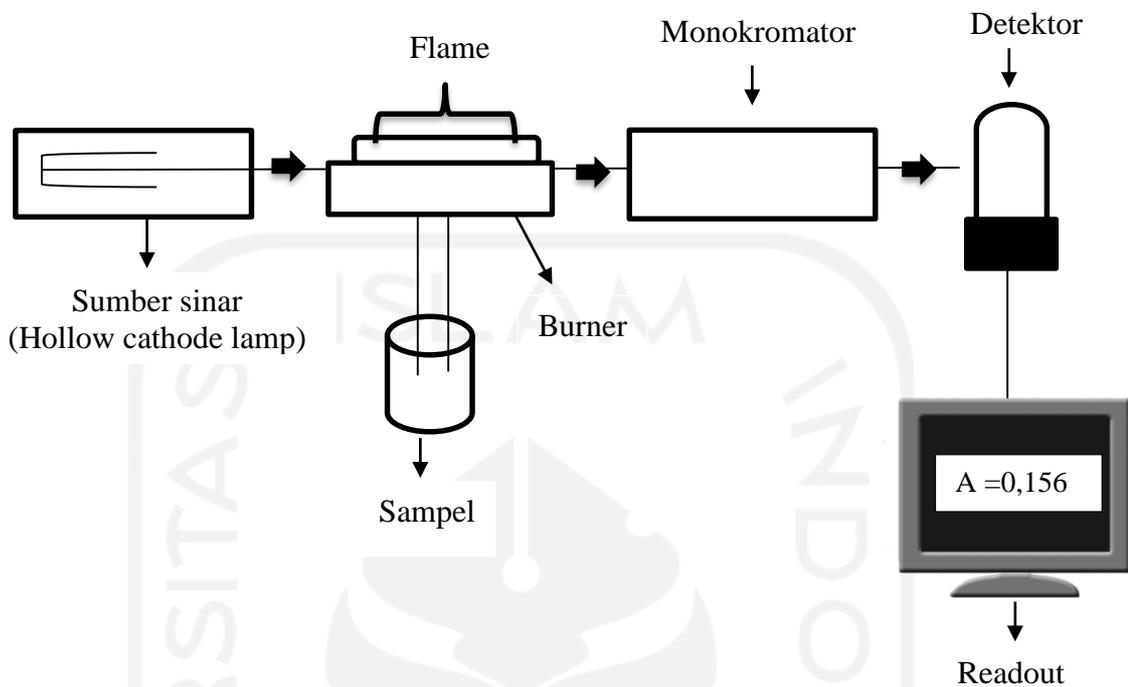
Hukum absorpsi sinar (Lambert-Beer) merupakan hukum yang berlaku pada spektrofotometer absorpsi sinar ultra violet, sinar tampak maupun sinar merah, dan juga berlaku pada spektrometri serapan atom (SSA). Hukum Lambert mengatakan bahwa apabila suatu sumber sinar monokromatik melewati medium transparan, maka akan berkurangnya intensitas sinar seiring bertambahnya ketebalan medium yang mengabsorpsi. Hukum Beer mengatakan bahwa intensitas sinar yang diteruskan berkurang secara komponensial dengan bertambahnya konsentrasi spesi yang menyerap sinar tersebut (Khopkar, 1990). Sehingga, dari pernyataan kedua hukum tersebut diperoleh suatu persamaan:

$$A = -\log \frac{I_0}{I_t} = \epsilon b c \text{ (Persamaan 4)}$$

$$A = -\log \frac{I_t}{I_0} = -\log T \text{ (Persamaan 5)}$$

- Lo : Intensitas sumber sinar
Lt : Intensitas sinar yang diteruskan
 ϵ : Absorbktivitas molar (mol/liter)
b : Panjang medium atau tebal nyala (nm)
c : Konsentrasi atom-atom menyerap sinar (ppm)
A : Absorbansi
T : Transmitan

Berdasarkan kedua persamaan di atas, ditunjukkan bahwa absorbansi cahaya berbanding lurus dengan konsentrasi atom (Day dan Underwood, 2002). Konsentrasi unsur atau sampel dapat ditentukan dengan menginterpolasikan absorbansi larutan cuplikan pada kurva kalibrasi (Gunandjar, 1985). Susunan alat spektrofotometer serapan atom dapat dilihat pada Gambar 2.5 yang menunjukkan bagian – bagian penting dari alat spektrofotometer serapan atom yaitu sumber sinar, burner, monokromator, detektor, dan readout.



Gambar 2. 5 Instrumen Spektrofotometer Serapan Atom (Gandjar dan Rohman, 2007)

1. Sumber sinar
 Sumber sinar yang digunakan pada alat AAS dikenal sebagai lampu *hollow cathode lamp*. Lampu ini memiliki dua elektroda (katoda dan anoda), berbentuk silinder dan terbuat dari unsur yang sama dengan unsur yang akan dilakukan. Lampu ini berisi gas mulia bertekanan rendah dengan pemberian tegangan pada arus tertentu, kemudian logam akan mulai berpijar dan atom-atom logam katoda akan teruapkan dengan pemercikan, setelah itu atom akan mengemisikan radiasinya pada panjang gelombang tertentu (Khopkar, 1984).
2. *Burner*
Burner sebagai tempat terjadi atomisasi yaitu perubahan kabut atau uap garam unsur yang akan dianalisis menjadi atom-atom normal di dalam nyala
3. Monokromator
 Monokromator merupakan alat yang ditempatkan diantara nyala dan detector pada rangkaian alat AAS. Monokromator berfungsi untuk memisahkan dan mengontrol suatu berkas radiasi yang tidak diperluas dari spectrum radiasi lain

dengan kemurnian spectral yang tinggi dengan panjang gelombang tertentu (Day dan Underwood, 1993).

4. Detektor

Detektor digunakan untuk mengukur intensitas cahaya melalui tempat pengamatan. Sistem deteksi memiliki dua cara yang dapat digunakan, yaitu dapat memberikan respon pada radiasi resonansi dan dapat memberikan respon terhadap radiasi resonansi serta radiasi yang terus menerus (Gandjar dan Rohman, 2007).

5. Readout

Readout atau pembacaan merupakan suatu alat penunjuk atau sebagai pencatat hasil. Hasil pembacaan ini dapat berupa angka atau berupa kurva yang menggambarkan absorbansi atau intensitas emisi (Rohman, 2007).

Penggunaan spektrofotometer serapan atom terhadap analisis logam krom dapat dilihat dengan pengujian validasi metode, diantaranya terkait dengan linieritas, limit deteksi dan limit kuantifikasi, presisi (ketelitian) serta akurasi (ketepatan). Berdasarkan jurnal hasil pengujian krom total menggunakan spektrofotometer serapan atom, penentuan linearitas bahwa nilai koefisien korelasi didapatkan 1. Menurut Riyanto (2014) bahwa nilai koefisien korelasi mendekati satu atau sama dengan satu maka dapat dikatakan bahwa metode ini dapat digunakan untuk menganalisis logam Cr dengan hasil yang baik. Penentuan limit deteksi dan limit kuantifikasi menunjukkan hasil yang baik yaitu 0,2157 dan 0,719, hasil dapat dikatakan baik ketika lebih kecil dari konsentrasi sampel tersebut. Presisi menunjukkan ketelitian maksimum untuk logam yang diuji, presisi dapat ditentukan dengan menghitung %RSD yang didapat berada di rentang 0,258%-4,086%. Penentuan akurasi yang baik berada di rentang 90-100%, nilai persen perolehan kembali tergolong baik, karena yang baik berada di rentang 80-110% (Riyanto, 2014).

2.6 Karakterisasi kitosan dan kitosan *bead*

2.6.1 *Fourier transform infrared (FTIR)*

Karakterisasi pada kitosan dan kitosan *bead* dilakukan menggunakan dengan menggunakan metode *Fourier transform infrared (FTIR)*. Spektrofotometri

inframerah merupakan salah satu analisa kualitatif yang digunakan untuk menentukan gugus fungsi suatu senyawa organik serta untuk mengetahui informasi struktur suatu senyawa organik.

Frekuensi di dalam spektroskopi inframerah seringkali dinyatakan dalam bentuk bilangan gelombang, rentang bilangan gelombang yang dipergunakan adalah antara 4000 cm^{-1} sampai dengan 400 cm^{-1} . Energi yang dihasilkan oleh radiasi inframerah menyebabkan vibrasi atau getaran pada molekul (Silverstein, et al., 1999). Prinsip kerja dari FTIR yaitu interaksi antara energi dengan suatu materi. Apabila sinar inframerah dilewatkan melalui sampel dan larutan pembanding, kemudian dilewatkan pada monokromator untuk menghilangkan sinar yang tidak diinginkan, setelah itu didispersikan melalui prisma, dan sinar tersebut akan di fokuskan pada detektor setelah melewati slit (Khopkar, 1984).

Karakterisasi membran kitosan dan kitosan murni dilakukan menggunakan FTIR yang dianalisis pada panjang gelombang $4000 - 500\text{ cm}^{-1}$ bertujuan untuk menganalisa secara kualitatif dengan menentukan gugus fungsi dan kuantitatif dengan menghitung derajat deasetilasi. Penentuan gugus fungsi dilakukan dengan melihat tabel peak spesifik referensi. Kitosan memiliki serapan khas pada bilangan gelombang $3246,81\text{ cm}^{-1}$ untuk O-H ulur dan N-H ulur $2932,41\text{ cm}^{-1}$ untuk C-H ulur, $1554,63\text{ cm}^{-1}$ untuk N-H tekuk, dan $1093,01\text{ cm}^{-1}$ untuk -C-O-C-ulur (Yunianti dan Maharani, 2012).

Analisis kuantitatif Perhitungan derajat deasetilasi (%DD) dari spektra infra merah pada kitin dan kitosan dapat dilakukan dengan cara membandingkan absorbansi pada bilangan gelombang untuk gugus amida -NH ($1650-1500\text{ cm}^{-1}$ (A1655) dengan absorbansi pada bilangan gelombang untuk gugus amina primer ($3500-3200\text{ cm}^{-1}$ (A3450), dengan nilai absorbansi 1,33 pada proses deasetilasi sempurna (Basttaman1989), kemudian dimasukkan kedalam persamaan sebagai berikut :

$$\%DD = 100 - \left[\left(\frac{A_{1656}}{A_{3450}} \right) \times \frac{100}{1,33} \right] \text{ (Persamaan 6)}$$

Derajat deasetilasi merupakan nilai yang menunjukkan persentase gugus asetil yang hilang dari kitosan dan menjadi penentu mutu kitosan. Tingginya derajat

deasetilasi kitosan menyebabkan gugus asetil yang terdapat pada kitosan rendah, sehingga kitosan bermuatan positif dan mampu berikatan kuat dengan anion polisakarida, protein dan membentuk ion netral (Knoor, 2014) (Suhartono, 1989). Nilai DD kitosan berkisar 40-100% (Azhar et al., 2010). Derajat deasetilasi yang kecil menandakan bahwa pemutusan gugus asetil pada kitin tidak terjadi dengan sempurna. Kitosan dikatakan telah terdeasetilasi sempurna jika derajat deasetilasi >90% (Srijanto, 2003).

2.6.2 X-ray diffraction (XRD)

Karakterisasi menggunakan *X-ray diffraction* (XRD) berperan penting dalam proses analisis padatan kristal maupun amorf. XRD adalah metode karakterisasi lapisan yang digunakan untuk mengetahui senyawa kristal yang terbentuk. Alat XRD ini dapat mengetahui struktur kristal dari berbagai unsur atau senyawa karena memiliki struktur kristal dengan pola tertentu dan berbeda-beda. Ketika suatu sampel yang akan dianalisis telah diketahui pola difraksi maka pola difraksi pada unsur dapat ditentukan. Metode XRD ini termasuk metode analisis kualitatif yang penting dianalisis, karena setiap sampel atau material memiliki pola difraksi yang berkarakteristik.

Prinsip kerja dari XRD yaitu XRD memiliki tiga bagian utama, yaitu tabung sinar-X, tempat objek yang diteliti dan detektor sinar-X. Sinar-X dihasilkan di tabung sinar-X yang berisi katoda memanaskan filamen, sehingga menghasilkan elektron. Adanya perbedaan tegangan akan menyebabkan terjadinya percepatan elektron yang akan menembak objek dan apabila elektron tersebut memiliki energi yang tinggi akan menabrak elektron ke dalam objek tersebut dan menghasilkan pancaran sinar x, sehingga objek dan detector tersebut akan berputar untuk menangkap dan merekam intensitas refleksi sinar-X. Detektor merekam dan memproses sinyal sinar-X dan mengolahnya dalam bentuk grafik (Ratnasari, 2009).

Prinsip analisis XRD sesuai dengan hukum Bragg yaitu suatu kristal memiliki susunan atom yang tersusun secara teratur dan berulang, memiliki jarak antar atom yang sebanding dengan panjang gelombang sinar x. Sehingga apabila seberkas sinar x ditembakkan pada suatu material kristalin maka sinar tersebut akan menghasilkan pola difraksi yang khas.

Menurut (Arafat, 2015), Kitosan memiliki pola puncak grafik XRD yang khas yang teridentifikasi pada 2θ 9-10° dan 19-20°. Trung (2006) menjelaskan bahwa puncak-puncak tersebut akan mengalami pergeseran sedikit tergantung seberapa besar derajat deasetilasi kitosan.



BAB III

METODOLOGI

3.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu gelas beaker, labu ukur 500, 100, 200 dan 10 mL, erlenmeyer, *magnetic stirrer*, cawan petri, oven, *stirrer*, desikator, pipet ukur, propipet, pH meter (*ohaus*), botol gelap, timbangan analitik, pengaduk kaca, spatula, lumpang dan alu, corong gelas, kaca arloji, botol akuades dan Spektrofotometer serapan atom (*Perkin Elmer Analyst 300*).

3.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu asam asetat 99,8% (*Merck*), serbuk kitosan (*Merck*), NaOH padatan (*Merck*), akuades, kertas saring, larutan induk Cr 1000 mg/L, kalium hidrogen phtalat (*Merck*), HCl 37% (*Merck*), tisu.

3.3 Cara Kerja

3.3.1 Pembuatan larutan

1. Pembuatan larutan buffer pH 3

Sebanyak 50 mL larutan kalium hidrogen Phtalat 0,1 N dimasukkan ke dalam gelas beaker 250 mL dan ditambah 22,3 mL larutan HCl 0,1 M, kemudian dimasukkan ke dalam gelas beaker 250 mL yang telah berisi larutan kalium hidrogen phtalat dan ditambahkan 27,7 mL akuades. Larutan diaduk dan diukur pH tersebut menggunakan pH meter. Larutan disimpan dalam botol.

2. Pembuatan larutan buffer pH 4

Larutan kalium hidrogen phtalat 0,1 N sebanyak 50 mL dimasukkan ke dalam gelas beaker 250 mL dan dipipet 1 mL larutan HCL 0,1 M, kemudian dimasukkan kedalam gelas beaker 250 mL yang telah berisi larutan kalium hidrogen phtalat dan ditambahkan akuades sebanyak 49 mL, Larutan diaduk dan di ukur pH tersebut menggunakan pH meter. Larutan dimasukkan kedalam botol.

3. Pembuatan larutan buffer pH 5

Larutan kalium hidrogen phtalat 0,1 N sebanyak 50 mL dimasukkan ke dalam gelas beaker 250 mL dan dipipet 22,6 mL larutan NaOH 0,1 M, kemudian dimasukan kedalam gelas beaker 250 mL yang telah berisi larutan kalium hidrogen phtalat dan ditambahkan akuades sebanyak 27,4 mL. Larutan diaduk dan di ukur pH tersebut menggunakan pH meter. Larutan dimasukkan kedalam botol.

4. Pembuatan larutan buffer pH 6

Larutan kalium hidrogen phtalat 0,1 N sebanyak 50 mL dimasukkan kedalam gelas beaker 250 mL dan dipipet 40,6 mL larutan NaOH 0,1 M, kemudian dimasukan kedalam gelas beaker 250 mL yang telah berisi larutan kalium hidrogen phtalat dan ditambahkan akuades sebanyak 44,4 mL, setelah itu diaduk dan di uji menggunakan pH meter. Larutan dimasukkan kedalam botol.

5. Pembuatan larutan NaOH 1%

Sebanyak 1 gram NaOH ditimbang. Kemudian dilarutkan dengan akuades 40 mL, diaduk hingga larut sempurna. Biarkan larutan NaOH tersebut dingin dan dipindahkan ke dalam labu ukur 100 ml, Labu ukur ditera dengan akuades dan diseka dengan kertas saring, ditutup dan dihomogenkan.

6. Pembuatan larutan CH₃COOH 1%

Sebanyak 1 mL asam asetat dipipet dari botol, kemudian dilarutkan dengan akuades dalam labu ukur 100 mL sampai tepat tanda tera dan dikocok sampai homogen, sehingga diperoleh larutan asam asetat 1% dalam 100 mL.

7. Pembuatan larutan logam krom 50 mg/L

Larutan induk Cr 1000 ppm dipipet sebanyak 5 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian ditepatkan menggunakan akuades dan digojog hingga homogen.

8. Pembuatan larutan logam krom 10 mg/L

Larutan induk Cr 1000 ppm dipipet sebanyak 0,5 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL, kemudian ditepatkan menggunakan akuades dan digojog hingga homogen.

3.3.2 Pembuatan kitosan *bead*

Serbuk kitosan sebanyak 2 gram dilarutkan dalam 100 mL asam asetat (CH_3COOH) 1% diaduk menggunakan pengaduk magnetik selama 24 jam, sehingga diperoleh larutan kitosan 2% kemudian dituangkan dalam cetakan (petridish diameter 9,6 cm). Cetakan yang telah terisi larutan kitosan diangin-anginkan selama 24 jam (sampai setengah kering) selanjutnya cetakan dimasukkan kedalam oven pada suhu 60°C selama 24 jam. Membran yang sudah dimasukkan didiamkan selama 24 jam di udara terbuka. Kemudian dilepaskan dengan merendam dalam NaOH 1% selama ± 2 menit dan direndam menggunakan aqua destilat selama ± 5 menit, membran di lepaskan dengan hati-hati dari cetakannya dan dihaluskan. Kemudian dilakukan untuk pembuatan kitosan bead 1,3,4 dan 5% (Meriatna, 2008).

3.3.3 Penentuan karakterisasi kitosan dan kitosan *bead*

1. Fourier transform infrared (FTIR)

Sampel dibuat dalam bentuk pelet dengan KBr. Pelet KBr dihaluskan bersama beberapa mg kitosan dengan sejumlah KBr kering dan diberi tekanan dibawah vakum sekitar 1 menit dan dibaca menggunakan spektrofotometer infra merah.

2. X-ray diffraction (XRD)

Sampel kitosan murni dan kitosan bead 1-5% dilakukan uji menggunakan XRD dengan sudut 2 theta pada pengamatan 5-90 derajat dan dihasilkan data difraktogram berupa jarak antar bidang, intensitas dan besar sudut 2 theta.

3.3.4 Penentuan Optimasi adsorben kitosan *bead* dan kitosan menggunakan spektrofotometer serapan atom

1. Pengaruh pH

1) Pembuatan larutan standar

Larutan baku logam Cr 10 mg/L di pipet sebanyak 0; 0,5; 1,25; 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5 mL ke dalam labu ukur 25 mL dengan teliti ke dalam labu ukur 25 mL dan ditepatkan dengan akuades hingga tanda batas.

2) Pembuatan larutan logam Cr pada berbagai variasi pH

Larutan logam Cr 50 mg/L dibuat dengan variasi pH 3, 4, 5 dan 6. menjadi 50 mg/L, dipipet dengan teliti larutan logam krom 50 mg/L sebanyak 25 mL

ke dalam labu ukur 50 mL. ditambahkan larutan buffer sebanyak 5 mL dan ditepatkan dengan akuades hingga tanda batas. Masing-masing larutan diukur serapannya menggunakan spektrofotometer serapan atom.

- 3) Pengukuran konsentrasi adsorben kitosan *bead* dan Kitosan dengan spektrofotometri serapan atom

Erlenmeyer sebanyak 8 buah masing-masing diisi dengan 10 mL larutan Cr 50 ppm dengan variasi pH 3, 4, 5 dan 6. Masing-masing erlenmeyer di tambahkan dengan 50 mg adsorben kitosan *bead*/kitosan, distirrer larutan selama 120 menit. Larutan dipipet sebanyak 1 mL dan di tepatkan dengan akuades. Larutan disaring dan filtrat dianalisis dengan SSA. Kapasitas adsorpsi maksimum ditentukan.

2. Pengaruh massa

Erlenmeyer sebanyak 10 buah masing-masing diisi dengan 10 mL larutan Cr 50 ppm dengan variasi pH yang optimum. Masing-masing erlenmeyer di tambahkan dengan adsorben kitosan *bead*/kitosan sebanyak 25; 50; 75; 100; dan 125 mg, distirrer larutan selama 120 menit. Larutan dipipet sebanyak 1 mL dan di tepatkan dengan akuades. Larutan disaring dan filtrat dianalisis dengan SSA. Kapasitas adsorpsi maksimum ditentukan.

3. Pengaruh waktu

Erlenmeyer sebanyak 10 buah masing masing diisi dengan 10 mL larutan Cr 50 ppm dengan variasi pH yang optimum. Masing-masing erlenmeyer di tambahkan dengan adsorben kitosan *bead*/kitosan sebanyak massa optimum dan distirrer larutan selama 60; 90; 120; 150; dan 180 menit. Larutan dipipet sebanyak 1 mL dan di tepatkan dengan akuades. Larutan disaring dan filtrat dianalisis dengan SSA. Kapasitas adsorpsi maksimum ditentukan.

4. Pengaruh konsentrasi

Erlenmeyer sebanyak 10 buah masing-masing diisi dengan 10 mL larutan Cr dengan konsentrasi 25; 50; 75; 100; dan 125 mg/L dengan variasi pH yang optimum. Masing-masing erlenmeyer di tambahkan dengan adsorben kitosan *bead*/kitosan sebanyak massa yang optimum, distirrer larutan selama 120 menit.

Larutan dipipet sebanyak 1 mL dan di tepatkan dengan akuades. Larutan disaring dan filtrat dianalisis dengan SSA. Kapasitas adsorpsi maksimum ditentukan.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kitosan adalah bahan organik alami, diproduksi secara komersial oleh deasetilasi parsial kitin, yang merupakan komponen organik terbanyak kedua di alam setelah polimer selulosa. Karena adanya gugus amino (-NH₂) dan hidroksil (-OH) dalam strukturnya, kitosan mampu menyerap logam berat dari larutan berair dengan menciptakan ikatan elektronik antara situs aktif ini dan ion logam (Jagtap et al., 2009). Selain itu, kitosan telah diinvestigasi oleh banyak penelitian sebagai bahan yang sangat baik untuk adsorpsi logam berat seperti kadmium dan tembaga (Shyam dan Arun, 2014), arsen (Min et al., 2015), dan kromium dan seng (Annaduzzaman, 2015).

Studi kali ini, kitosan dibuat dalam bentuk *bead* dari bubuk bentuk aslinya, yang telah diterapkan pada penelitian sebelumnya, untuk meningkatkan total luas permukaan, mengurangi aglomerasi di media asam, dan untuk meningkatkan penyebaran ion logam ke situs aktif, dan kemudian digunakan untuk menghilangkan ion Cr dari larutan air. Selain itu, kinerja kitosan *bead* yang telah disiapkan dikarakterisasi dengan spektroskopi *Fourier transform infrared* (FTIR) dan *X-ray diffraction* (XRD). Proses adsorpsi ion logam dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu pH larutan, massa adsorben, waktu kontak dan konsentrasi, sehingga harus dilakukan optimalisasi untuk mendapatkan kapasitas adsorpsi yang maksimal, kemudian dilakukan uji persamaan langmuir dan freundlich untuk mengetahui kinerja dari adsorben yang digunakan.

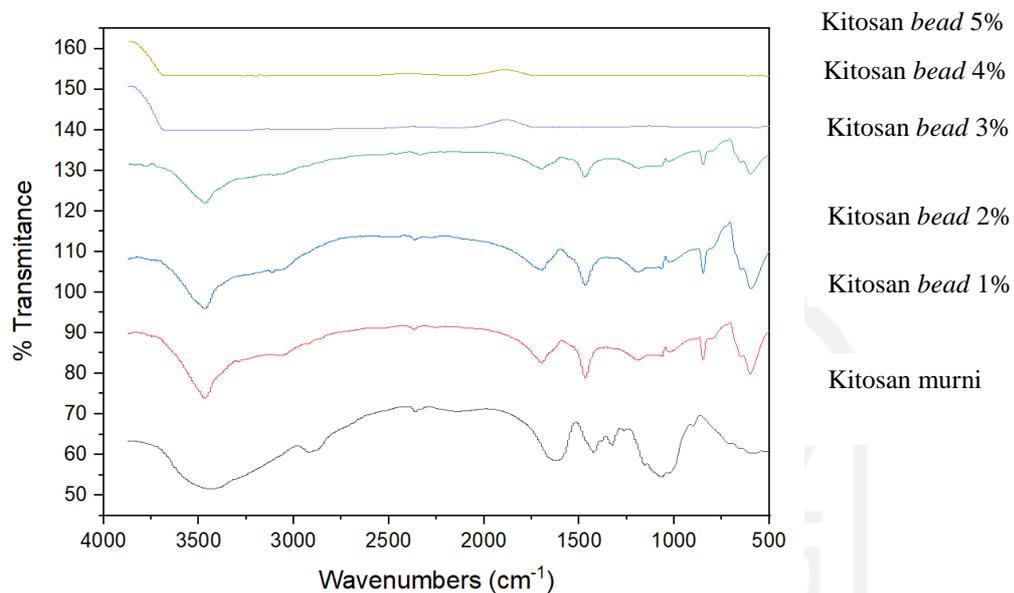
4.1 Karakterisasi kitosan dan kitosan *bead*

4.1.1 *Fourier transform infrared* (FTIR)

Karakterisasi kitosan dan kitosan *bead* dilakukan menggunakan *Fourier transform infrared* (FTIR). *Fourier transform infrared* (FTIR) adalah suatu teknik yang dapat digunakan untuk mengetahui spectrum inframerah suatu sampel yang dapat diketahui dari absorbansi, emisi, raman scattering dari sampel yang berbentuk padat, cair dan gas (Hindrayawati dan Alimuddin, 2010). Karakterisasi dengan menggunakan FTIR bertujuan untuk mengidentifikasi gugus fungsi senyawa yang

diperoleh diketahui dengan spektrofotometer infra merah. Derajat deasetilasi dapat ditentukan menggunakan metode *base line*. Prinsip kerja FTIR yaitu sinar infrared akan melewati sampel melewati celah, celah tersebut berfungsi untuk mengontrol jumlah energi yang disampaikan kepada sampel, beberapa sinar infrared diserap oleh sampel dan yang lainnya ditransmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar infrared terekam oleh detektor dan sinyal yang terukur akan terbaca di layar komputer (Therno, 2001).

Analisis kitosan dan kitosan *bead* dilakukan menggunakan spektrofotometer infra merah dengan gelombang elektromagnetik infra merah pada bilangan gelombang 400-4000 cm^{-1} menggunakan metode dengan pelet KBr dengan cara dihaluskan bersama kitosan dan sejumlah KBr kering, kemudian pelet tersebut diberi tekanan menggunakan vakum selama 1 menit, setelah itu dibaca dengan spektrofotometer infra merah. Karakterisasi dilakukan untuk kitosan murni dan kitosan *bead* 1-5%. Kitosan bead 1-5 % dibuat dengan cara melarutkan 1-5 gram bubuk kitosan dengan 100 mL larutan asam asetat 1%, kemudian di stirrer selama 24 jam dan di oven selama 24 jam, setelah itu dibiarkan di udara terbuka dan direndam menggunakan NaOH 1%, lalu dinetralkan menggunakan akuades. Hasil analisis dapat dilihat pada spektra gabungan pada Gambar 4.1 dan hasil analisis gugus fungsi pada Tabel 4.1



Gambar 4. 1 Spektrum FTIR kitosan bead 1% - 5% dan kitosan murni

Tabel 4.1 Hasil penentuan gugus fungsi kitosan dan kitosan *bead* 1-5%

Gugus Fungsi	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)					
	Kitosan Murni	Kitosan <i>bead</i> 1%	Kitosan <i>bead</i> 2%	Kitosan <i>bead</i> 3%	Kitosan <i>bead</i> 4%	Kitosan <i>bead</i> 5%
O-H	3435,15	3466,91	3468,37	3465,11	3646,65	3200,53
C-H	2920,18	1467,05	1467,09	1029,22		
C≡C	2140,74				2166,07	2139,03
C-H	1423,05		847,42	847,37		
C-O	1067,47	1193,43	1188,03			
C-N				1185,81		

Berdasarkan hasil spectrum dan penentuan gugus fungsi FTIR dari kitosan murni, kitosan *bead* 1 – 5%. kitosan murni dan kitosan modifikasi 1-3% memiliki spectra yang tidak terlalu berbeda dengan yang dimiliki kitosan murni/standar sehingga kitosan yang telah dimodifikasi tidak menghilangkan kandungan kitosan, tetapi kitosan yang telah dimodifikasi memiliki afinitas yang tinggi dibandingkan dengan kitosan sehingga diharapkan dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi terhadap logam berat (Cr). Menurut Bagas (2009) dalam penelitiannya bahwa

proses pembuatan kitosan *bead* tidak terjadi perubahan ikatan pada gugus fungsi kitosan, tetapi yang terjadi hanya pada perubahan pada bentuk fisiknya saja.

Konsentrasi kitosan memberikan pengaruh terhadap pembentukan manik kitosan. Pembentukan kitosan *bead* terjadi dari proses pelarutan. Asam asetat akan berdifusi melintasi matriks polimer membentuk massa menggelembung dan gel bentuk terlarut. Gel terdispersi dengan cepat dalam asam asetat untuk membentuk larutan kental. Partikel-partikel tersebut akan melengkapi pendispersian dan akan menggumpal (Basuki dan Sanjaya, 2009).

Gugus fungsi yang dimiliki kitosan secara teoritis yaitu ditandai dengan adanya gugus hidroksil (-OH) dan gugus amina (-NH₂) (Kumar, 2000). Berdasarkan pengujian kitosan yang telah dilakukan hasil analisis karakteristik spektrum inframerah yang dibandingkan dengan gugus fungsi kitosan telah sesuai dengan ditandai adanya salah satu serapan karakteristik pada senyawa kitosan yaitu gugus hidroksil (-OH).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Bagus, 2009) dalam jurnalnya terdapat kesamaan dengan hasil penelitian yang dilakukan pada panjang gelombang 2920,18 cm⁻¹ dan 1423,05 cm⁻¹ yang merupakan gugus (C-H) dan 3435,1 cm⁻¹ untuk gugus (O-H) dan (N-H). Pada penelitian tersebut didapatkan derajat deasetilasi untuk kitosan sebesar 76,9%.

Derajat deasetilasi merupakan nilai yang menunjukkan persentase gugus asetil yang hilang dari kitosan dan menjadi penentu mutu kitosan. Tingginya derajat deasetilasi kitosan menyebabkan gugus asetil yang terdapat pada kitosan rendah, sehingga kitosan bermuatan positif dan mampu berikatan kuat dengan anion polisakarida, protein dan membentuk ion netral (Knoor, 1982).

Penentuan Kadar derajat deasetilasi kitosan *bead* dihitung dengan menggunakan metode baseline yang adapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Penentuan % derajat deasetilasi kitosan murni dan kitosan *bead* 1-5%

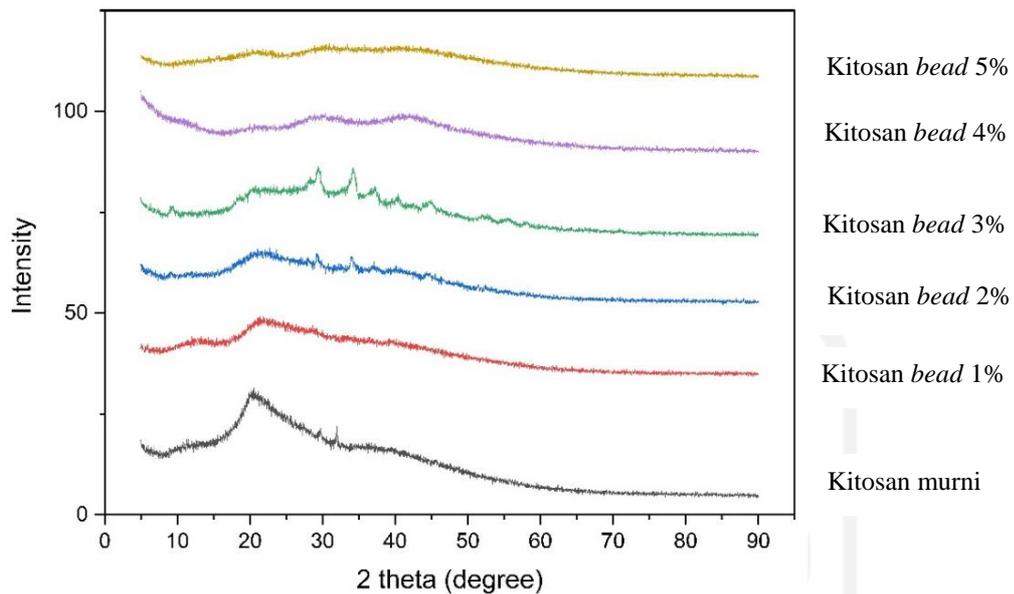
Keterangan	DF2 (cm)	DE (cm)	A 1655	AC (cm)	AB (cm)	A 3450	DD (%)
Kitosan murni	69	59	0,0679	66	52	0,1035	50,68
Kitosan <i>bead</i> 1%	65	59	0,042	67	51	0,1185	73,35
Kitosan <i>bead</i> 2%	57	51	0,0483	56	42	0,1249	70,92
Kitosan <i>bead</i> 3%	64	60	0,028	63	52	0,0833	74,73
Kitosan <i>bead</i> 4%	-	-	-	-	-	-	-
Kitosan <i>bead</i> 5%	-	-	-	-	-	-	-

Perhitungan derajat deasetilasi dari spektra infra merah kitosan dilakukan dengan cara membandingkan absorbansi pada bilangan gelombang gugus amida – NHCO (1650 cm^{-1} - 1500 cm^{-1}) dengan absorbansi pada bilangan gelombang untuk gugus amina primer –NH₂ (3500 cm^{-1} - 3200 cm^{-1}).

Hasil dari ketiga kitosan *bead* yang memiliki %DD tinggi adalah kitosan *bead* 3% dimana mendapatkan hasil sebesar 74,73%, perhitungan dapat dilihat pada lampiran 13. Sehingga kitosan *bead* 3% sudah bisa dilakukan untuk penelitian lanjut mengadsorpsi logam Cr. Modifikasi kitosan menjadi kitosan dapat meningkatkan struktur kitosan sehingga memiliki gugus amina yang lebih aktif dibandingkan kitosan. Molekul kimia kitosan tidak mengalami perubahan, tetapi intensitas spektrum inframerah untuk gugus amina meningkat dan derajat deasetilasi manik kitosan meningkat secara signifikan terlihat perbedaan antara %DD kitosan murni dengan kitosan *bead* 1-3%.

4.1.2 X-ray diffraction (XRD)

Karakterisasi selanjutnya untuk kitosan dan kitosan *bead* dilakukan dengan menggunakan teknik difraksi sinar-X, alat ini umumnya digunakan untuk karakterisasi padatan sehingga diketahui kristalinitasnya. Difraktogram kitosan dan kitosan *bead* dapat dilihat pada Gambar 4.12



Gambar 4. 2 Difraktogram hasil pengujian kitosan murni dan kitosan *bead* 1-5%

X-Ray Diffraction (XRD) merupakan analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi material kristalit, sebagai contoh identifikasi struktur kristalit (kualitatif) dan fasa (kuantitatif) dalam suatu bahan dengan memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik sinar-X. Pengujian dilakukan pada dengan sudut 2 theta sebesar 5° – 90° . Struktur Kristal dari kitosan *bead* dikonfirmasi dengan melihat pola XRD, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.12 yaitu pola XRD dari kitosan murni terdapat puncak difraksi yaitu pada pada sudut (2θ) ($25,129^{\circ}$, $29,700^{\circ}$, $31,934^{\circ}$ dan $75,937^{\circ}$).

(Arafat, A 2015) menyatakan bahwa kitosan memiliki pola puncak grafik XRD yang khas yang teridentifikasi pada 2θ $9-10^{\circ}$ dan $19-20^{\circ}$. Menurut Trung (2006), puncak-puncak tersebut akan mengalami pergeseran sedikit tergantung seberapa besar derajat deasetilasi Kitosan.

Pola difraksi kitosan *bead* menunjukkan cenderung memiliki struktur kristalin, jika dibandingkan dengan pola difraksi yang dihasilkan pada kitosan menunjukkan puncak pada hasil XRD yang lebih tajam dan signifikan bila dibandingkan dengan hasil XRD kitosan *bead*. Hal ini dapat kemungkinan

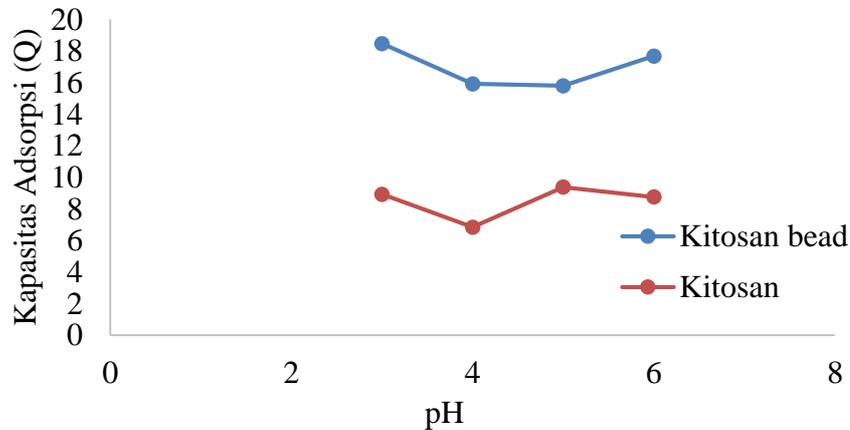
disebabkan karena terlalu banyaknya kitosan yang dibuat kitosan *bead* dan tidak semua serbuk kitosan larut. Perkiraan ini didasarkan atas fakta bahwa kitosan *bead* 5% mempunyai warna paling pekat. Kristanilitas kitosan bead pada hasil uji XRD dapat ditunjukkan oleh tinggi rendahnya intensitas puncak, semakin tinggi intensitas puncak maka semakin meningkat kristanilitas pada membran. Tingginya kristalinitas disebabkan adanya ikatan hidrogen intramolekul dan intermolekul. Dari hasil uji XRD dapat dilihat bahwa semakin banyak kitosan yang digunakan atau tingginya konsentrasi pada pembuatan kitosan *bead* dapat melemahkan kristanilitas dari kitosan *bead*.

Agung (2011) menyatakan dalam penelitian yang telah dilakukannya dalam karakterisasi kitosan *bead* pada konsentrasi 1-5% bahwa pada kitosan bead konsentrasi 1% sampai 4% puncak-puncak karakteristik kitosan yang menunjukkan tingkat kristalinitasnya akibat adanya ikatan hydrogen antarmolekul dan intramolekul semakin menghilang dan ada kitosan *bead* konsentrasi 5%, puncak di $2\theta = 20^\circ$ muncul kembali.

Kajian kristalinitas kitin dan kitosan telah banyak dilaporkan (Cervera et al., 2004., Ogawa et al., 1992., Trung et al., 2006., Twu et al., 2005). Berdasarkan hasil-hasil penelitian disimpulkan bahwa puncak karakteristik kitin dan kitosan *bead* berada di sekitar $2\theta = 10^\circ$ sampai $2\theta = 20^\circ$.

4.2 Optimasi pH

Derajat keasaman (pH) pada suatu larutan merupakan salah satu faktor yang menentukan keberhasilan kinerja adsorben dalam proses adsorpsi. pH larutan dengan nilai yang terlalu rendah atau terlalu tinggi akan mempengaruhi kinerja kitosan dalam mengadsorpsi suatu larutan (Yuliusman dan Adelina, 2010). Penentuan pH optimum dilakukan untuk mengetahui imteraksi pH dimana adsorben kitosan dan kitosan *bead* akan menyerap secara maksimum yang dilakukan menggunakan beberapa variasi pH. Variasi pH yang digunakan terdiri dari pH 3,4,5 dan 6, hal ini karena apabila dilakukan pada pH asam larutan krom yang akan diuji berubah menjadi padatan. Besarnya pH optimum dapat ditentukan dengan melihat dari nilai kapasitas adsorpsi tertinggi. Optimasi pH dalam adsorpsi logam dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4. 3 Grafik optimasi pengaruh pH terhadap adsorpsi logam krom

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.13 bahwa kemampuan adsorpsi kitosan terhadap logam Cr optimum terjadi pada pH 5 yaitu sebesar 3,7522 mg/g hasil yang didapatkan sesuai dengan yang dikemukakan oleh sakkayawong et al (2005) bahwa di bawah kondisi asam atom-atom hidrogen (H^+) pada larutan dapat memprotonasi gugus amina dari kitosan. Kemampuan adsorpsi kitosan *bead* terhadap logam Cr optimum pada pH 3, dengan besar kapasitas adsorpsi sebesar 7,3883 mg/g. Hasil penentuan kapasitas adsorpsi pengaruh pH dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Hasil penentuan kapasitas adsorpsi pengaruh pH

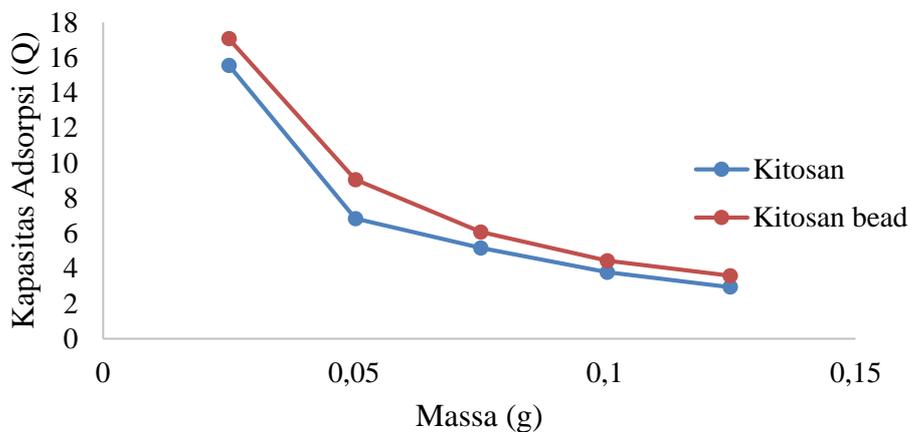
Variasi pH	Kapasitas adsorpsi kitosan <i>bead</i> (mg/g)	Kapasitas adsorpsi kitosan (mg/g)
3	7,3883	3,5717
4	6,3702	2,7390
5	6,3187	3,7522
6	7,0740	3,5013

Hasil kapasitas adsorpsi yang di peroleh berbeda antara kitosan dan kitosan *bead* karena perbedaan porositas dan struktur kitosan *bead* dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi krom pada kitosan. Adsorpsi terjadi di rentang pH 3-5, hal ini menunjukkan bahwa pada pH rendah gugus amina dalam kitosan dan kitosan *bead* mudah terprotonasi dan akan menyebabkan terjadinya tolakan elektrostatis oleh ion kromium yang akan menimbulkan persaingan antar proton dan ion kromium dalam

mengadsorpsi di situs aktif sorben. Pada pH tinggi kapasitas adsorpsi semakin menurun karena terjadi hidrolisis ion kromium sehingga interaksi antara ion dan gugus amina atau hidroksil pada kitosan turun secara signifikan. Penelitian selanjutnya dilakukan menggunakan pH optimum pada pH 5.

4.3 Optimasi massa

Massa adsorben dalam proses adsorpsi termasuk faktor keberhasilan untuk mendapatkan kapasitas adsorpsi yang maksimum. Massa adsorben dari kitosan dan kitosan *bead* dapat mempengaruhi proses adsorpsi terhadap ion logam Cr. Variasi massa adsorben yang dilakukan sebanyak sebanyak 25; 50; 75; 100; dan 125 mg. Penentuan massa optimum dapat ditentukan dengan kapasitas adsorpsi tertinggi pada grafik hubungan antara massa adsorpsi dengan kapasitas adsorpsi yang dapat dilihat pada Gambar 4.4



Gambar 4. 4 Grafik optimasi pengaruh massa terhadap adsorpsi logam krom

Gambar 4.4 menunjukkan massa optimum adsorpsi menggunakan kitosan dan kitosan *bead* optimum pada massa 0,025 gram dengan kapasitas adsorpsi penggunaan kitosan sebesar 15,5617 mg/g dan kitosan *bead* sebesar 17,0771 mg/g. Hasil penentuan kapasitas adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil penentuan kapasitas adsorpsi pengaruh massa

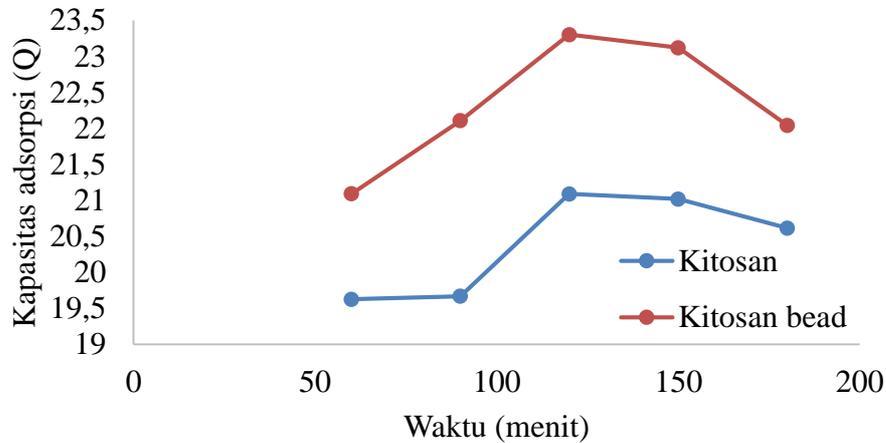
Variasi massa (g)	Kapasitas adsorpsi kitosan (mg/g)	Kapasitas adsorpsi kitosan <i>bead</i> (mg/g)
0,0251	15,5617	17,0771
0,0503	6,8393	9,0502
0,0753	5,1645	6,0725
0,1005	3,7845	4,4355
0,1250	2,9401	3,5863

Pada massa kitosan setelah optimum terjadi penurunan penyerapan, secara teori jika dalam proses adsorpsi telah mencapai massa optimum maka proses selanjutnya tidak akan terjadi kenaikan atau penurunan adsorpsi tetapi akan bersifat statis dan relatif konstan, sehingga diperkirakan bahwa telah mencapai kesetimbangan, teori ini sudah sesuai dengan hasil grafik pengaruh massa terhadap kapasitas adsorpsi dimana setelah terjadi massa yang optimum terjadi penurunan kapasitas adsorpsi. Massa adsorben optimum kemudian digunakan untuk melakukan optimasi selanjutnya.

Wiyarsi dan Erfan (2011) menyatakan dalam penelitian yang telah dilakukannya bahwa massa optimum untuk mengadsorpsi logam krom yang didapatkan yaitu 0,375 gram.

4.3 Optimasi waktu

Waktu kontak merupakan waktu yang dibutuhkan adsorben kitosan dan kitosan *bead* untuk mengadsorpsi ion logam krom. Penentuan waktu kontak optimum bertujuan untuk mengetahui waktu kontak optimum kitosan maupun kitosan *bead* terhadap logam krom agar bisa diadsorpsi secara maksimum. Menentukan waktu kontak optimum dilakukan dengan variasi waktu kontak dari 60, 90, 120, 150 dan 180 menit. Waktu kontak optimum dapat dilihat pada grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.5 dan ditentukan dengan melihat kapasitas adsorpsi yang maksimal.



Gambar 4.5 Grafik Optimasi pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi logam krom

Seperti yang dilihat pada Gambar 4.5 semakin bertambahnya waktu kontak antara kitosan/kitosan *bead* dengan larutan ion logam Cr maka kapasitas adsorpsinya semakin meningkat. Namun setelah waktu kontak 120 menit kapasitas adsorpsi mulai menurun, hal ini karena sisi aktif dari kitosan telah terjenuhkan oleh larutan ion logam Cr dan sudah tidak bisa menyerap kitosan kembali. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa pada waktu kontak 120 menit, tetapi hasil kapasitas adsorpsi yang dimiliki keduanya berbeda, pada penggunaan kitosan sebesar 21,0899 mg/g dan dengan kitosan *bead* sebesar 23,3016 mg/g. Hasil penentuan kapasitas adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Hasil penentuan kapasitas adsorpsi pengaruh waktu

Variasi Waktu	Kapasitas adsorpsi kitosan (mg/g)	Kapasitas adsorpsi kitosan <i>bead</i> (mg/g)
60	19,6269	21,0908
90	19,6674	22,1051
120	21,0899	23,3016
150	21,0170	23,1194
180	20,6138	22,0423

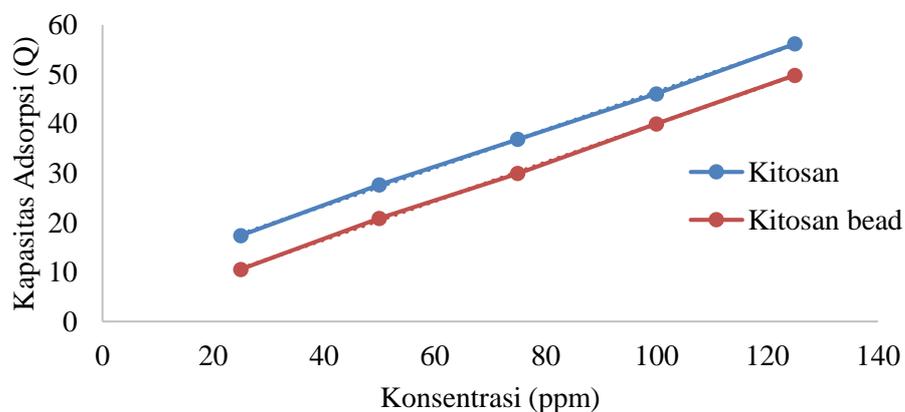
Prinsip pada penentuan waktu kontak optimum yaitu semakin lama waktu kontak yang dilakukan terhadap adsorbat (ion logam Cr) oleh adsorben, maka akan

semakin banyak adsorbat yang dapat diadsorbsi oleh adsorben, ketika waktu kontak yang dilakukan lebih lama akan memungkinkan terjadinya proses difusi dan penyerapan molekul adsorbat yang lebih baik hingga tercapai keadaan yang jenuh atau setimbang, keadaan tersebut ditandai dengan tidak adanya lagi perubahan konsentrasi ion logam (konstan).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Adriana et al (2001) menunjukkan adsorpsi Cr(VI) oleh kitosan cangkang udang mencapai kesetimbangan pada waktu interaksi 60-90 menit.

4.4 Optimasi konsentrasi

Konsentrasi awal larutan dapat menentukan proses adsorpsi, penentuan konsentrasi optimum sangat penting dilakukan untuk melihat seberapa baik kinerja adsorben kitosan/kitosan *bead* dalam mengadsorpsi larutan ion logam. Secara teori semakin tinggi konsentrasi larutan logam Cr, maka semakin banyak molekul logam yang bertumbukan dan berinteraksi dengan adsorben sehingga kemampuan adsorpsinya akan semakin meningkat (Widhianti, 2010). Optimasi konsentrasi dilakukan pada konsentrasi 25; 50; 75; 100; dan 125 mg/L dengan pH yang optimum, massa adsorben yang optimum dan waktu kontak yang optimum. Konsentrasi optimum dapat dilihat pada grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.6 dan ditentukan dengan melihat kapasitas adsorpsi yang maksimal.



Gambar 4.6 Grafik Optimasi pengaruh konsentrasi terhadap adsorpsi logam krom

Gambar 4.6 menunjukkan konsentrasi optimum didapatkan pada 125 ppm. Kapasitas adsorpsi menggunakan kitosan didapatkan sebesar 49,7917 mg/g dan kitosan *bead* sebesar 56,1480 mg/g. Hasil kapasitas adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Hasil penentuan kapasitas adsorpsi pengaruh konsentrasi

Variasi konsentrasi (mg/L)	Kapasitas adsorpsi kitosan <i>bead</i> (mg/g)	Kapasitas adsorpsi kitosan (mg/g)
25	17,3958	10,5481
50	27,6325	20,8541
75	36,8318	29,9341
100	46,0342	39,9653
125	56,1480	49,7917

Seiring bertambahnya konsentrasi dari larutan ion logam Cr kapasitas adsorpsi yang dihasilkan semakin meningkat, hal ini terjadi karena pada permukaan adsorben masih bisa mengadsorpsi ion logam Cr, dengan konsentrasi yang meningkat menyebabkan daya dorong senyawa untuk terikat pada permukaan adsorben hingga mencapai suatu keadaan yang setimbang (Kuntadi dan Endang, 2016). Sehingga proses adsorpsi yang telah dilakukan sesuai dengan teori yaitu semakin tinggi konsentrasi maka semakin tinggi jumlah logam yang teradsorpsi dengan kitosan/kitosan *bead*.

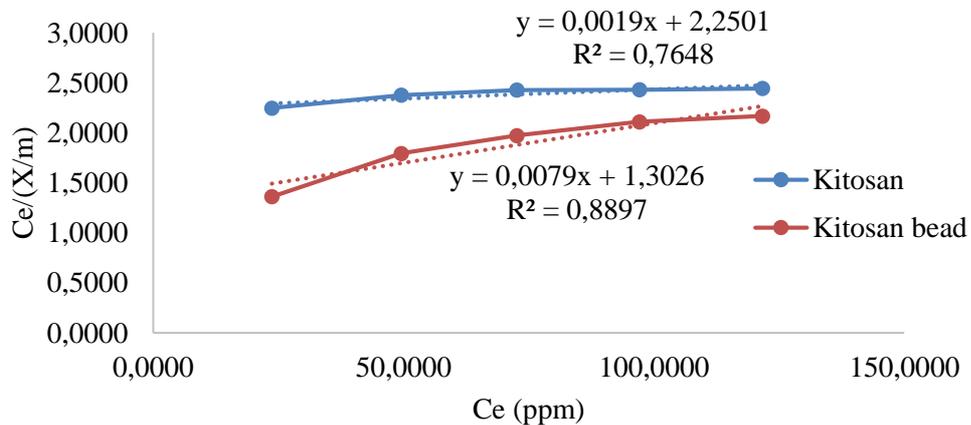
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Haironi et al (2018) mengatakan bahwa konsentrasi larutan logam Cr(VI) untuk mengadsorpsi menggunakan kitosan optimum pada konsentrasi 25 ppm.

4.5 Isoterm Adsorpsi

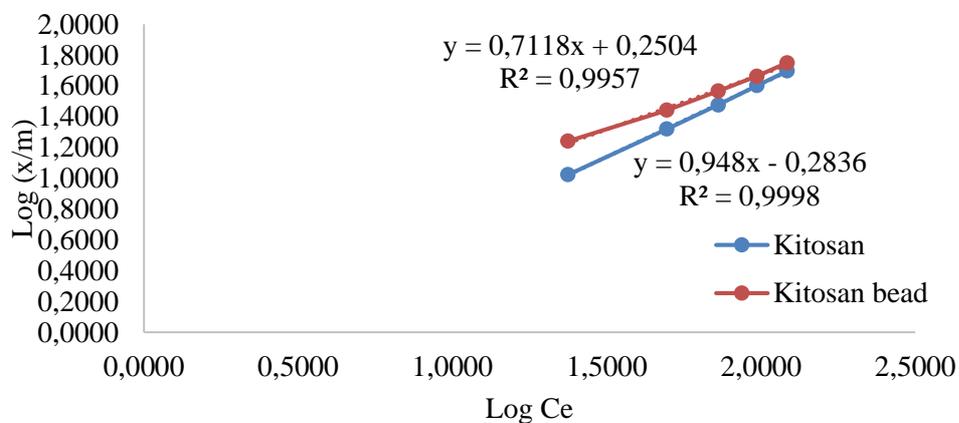
Isoterm Adsorpsi ditentukan dengan menggunakan data variasi konsentrasi. Isoterm adsorpsi ini digunakan untuk mempelajari mekanisme adsorpsi antara ion logam Cr dengan kitosan dan kitosan *bead*. Isoterm Langmuir berlangsung secara kimisorpsi satu lapis (monolayer) dan isoterm Freundlich berlangsung secara fisisorpsi banyak lapis (multilayer).

Penentuan model isoterm pada proses adsorpsi logam Cr oleh kitosan dan kitosan *bead* menggunakan persamaan regresi linear dengan membandingkan nilai koefisien korelasi (R^2) dari grafik hubungan nilai $C_e/(x/m)$ terhadap C_e untuk

isoterm Langmuir, sehingga akan diperoleh persamaan linear dengan intersep $1/a$ dan kemiringan (b/a) , nilai a dan b dapat dihitung, dari besar kecilnya nilai a dan b menunjukkan daya adsorpsi. Grafik hubungan antara nilai $\ln C_e$ vs $\ln(x/m)$ digunakan untuk penentuan isoterm Freundlich, dimana nilai x/m merupakan jumlah mol logam Cr yang teradsorpsi oleh kitosan maupun kitosan *bead*. Bila 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 et al., 2009). Kurva regresi linear dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan 4.8



Gambar 4. 7 Kurva isoterm langmuir ion logam krom



Gambar 4. 8 Kurva isoterm freundlich ion logam krom

Tabel 4. 7 Nilai Koefisien determinasi, Slope dan Intersep Kurva Isoterm Langmuir dan Freundlich ion logam krom

Keterangan	Persamaan langmuir		Persamaan Freundlich	
	Kitosan	Kitosan <i>bead</i>	Kitosan	Kitosan <i>bead</i>
Slope	0,0019	0,0079	0,948	0,7118
Intersep	2,2501	1,3026	-0,2836	0,2504
R ²	0,7648	0,8897	0,9998	0,9957
k (mg/g)	-	-	0,5205	1,7799
n	-	-	1,0549	1,4049
a (mg/g)	0,4444	0,7677	-	-
b	0,0008	0,0061	-	-

Keterangan:

R² = Koefisien determinasi

a dan k = Kapasitas/daya adsorpsi langmuir dan freundlich (mg/gram)

b dan n = Konstanta adsorpsi langmuir dan freundlich

* Interesep log K dan slope 1/n, interesep 1/a dan slope b/a

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.17 terlihat kurva dari isoterm adsorpsi Langmuir dimana nilai R² yang diperoleh untuk kitosan yaitu 0,7648 dan kitosan *bead* yaitu 0,8897, hasil dari kedua adsorben tersebut tidak mengikuti persamaan dari isoterm adsorpsi Langmuir, hal tersebut karena nilai koefisien korelasi yang diperoleh tidak memenuhi grafik linearitas yang baik atau tidak mendekati angka 1. Model ini mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (monolayer) adsorbat di permukaan adsorben, nilai a dan k menunjukkan kapasitas dari adsorpsi logam krom oleh kitosan. Semakin besar nilai a pada persamaan Langmuir dan k pada persamaan Freundlich menunjukkan kapasitas adsorpsi makin besar pula. Nilai a yang didapatkan pada persamaan Langmuir oleh kitosan dan kitosan *bead* sebesar 0,4444 dan 0,7677 mg/g. Konstanta Langmuir yang diperoleh kitosan dan kitosan *bead* sebesar 0,0008 dan 0,0061 mg/g.

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.18 terlihat kurva dari isoterm adsorpsi freundlich R² dari model isoterm Freundlich untuk kitosan sebesar 0,9998 dan kitosan *bead* sebesar 0,9957. Berdasarkan data yang didapatkan terlihat bahwa isoterm adsorpsi ion logam Cr oleh kitosan dan kitosan *bead* lebih cenderung mengikuti model isoterm Freundlich. Berdasarkan grafik linearitas pada Gambar

4.8 yang baik adalah mempunyai harga koefisien korelasi (R^2) $\geq 0,9$ (mendekati 1). Nilai persamaan untuk kitosan murni yaitu $\log(x/m) = 0,948 C_e + 0,1143$ dengan konstanta k sebesar 0,5205 dan n 1,0549 sedangkan persamaan isoterm freundlich untuk kitosan *bead* yaitu $\log(x/m) = 0,7118 C_e + 0,6483$ dengan nilai konstanta k sebesar 1,7799 dan n sebesar 1,4049. Kesesuaian dengan persamaan isoterm freundlich tersebut menunjukkan bahwa adsorpsi yang terjadi membentuk banyak lapisan (multilayer) adsorbat pada permukaan dan bersifat heterogen. Proses adsorpsi antara ion logam Cr dengan kitosan dan kitosan *bead* melibatkan ikatan fisika sehingga mudah dilepaskan kembali karena ikatan yang dimiliki lemah, hal ini terjadi karena molekul yang terikat pada adsorben disebabkan karena adanya gaya van der Waals.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Handayani (2009) dalam menentukan uji persamaan Langmuir dan freundlich pada penyerapan limbah krom oleh zeolit bahwa penentuan kapasitas adsorpsi yang paling sesuai menggunakan persamaan Langmuir dengan daya adsorpsi maksimum zeolit terhadap penyerapan limbah yaitu sebesar 52,25 mg/gram.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penentuan logam krom total pada hasil adsorpsi menggunakan kitosan dan kitosan *bead* secara spektrofotometer serapan atom yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil karakterisasi dari kitosan dan kitosan *bead* menunjukkan bahwa adanya modifikasi kitosan tidak merubah struktur dari kitosan, tetapi meningkatkan struktur kitosan sehingga memiliki gugus amina yang lebih aktif daripada kitosan murni.
2. Pengaruh variasi pH kitosan murni dan kitosan *bead* optimum pada pH 5 dan pH 3 kapasitas adsorpsi sebesar 3,7522 mg/g dan 7,3883 mg/g. Pengaruh massa optimum oleh kitosan dan kitosan *bead* pada massa 0,025 gram dengan kapasitas adsorpsi 15,5617 mg/g dan 17,0771 mg/g. Pengaruh waktu optimum kitosan dan kitosan *bead* pada waktu 120 menit dengan kapasitas adsorpsi 21,0899 mg/g dan 21,0908 mg/g. Pengaruh konsentrasi optimum kitosan dan kitosan *bead* pada konsentrasi 125 mg/L dengan kapasitas adsorpsi 49,7917 mg/g dan 56,1480 mg/g.
3. Proses adsorpsi mengikuti persamaan Freundlich oleh kitosan dan kitosan *bead*.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan masih terdapat kekurangan, oleh karena itu ada beberapa saran yang mungkin bisa dilakukan untuk penelitian selanjutnya

1. Kondisi pengujian harus dijaga untuk mendapatkan hasil yang valid dan stabil.
2. Studi lanjut untuk modifikasi kitosan dapat dilakukan dengan pengikatan silang pengikatan silang atau sebagai penggabungan senyawa dengan berat molekul rendah yang menstabilkan ke dalam struktur tiga dimensi rantai polimer, salah satu contohnya dengan penambahan glutaraldehid.
3. Studi lanjut dapat dilakukan untuk menganalisis kadar logam Cr dalam limbah menggunakan hasil optimasi yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamson, A.W. ,(1990), “Physical Chemistry of Surface”, 5thEd., John Wiley and SonsInc., New York.
- Adhani, R., Husaini. (2017). Logam Berat Sekitar Manusia. Lambung Mangkurat University Press. Banjarmasin.
- Adrianna, M., Mudjiati,S., Elvira,V., Setijawati. (2011).Adsorpsi Cr (VI) dengan Adsorben Kitosan. *Jurnal Kimia Lingkungan*. Vol.3 Nomor 1, Unika Widya Mandala, Surabaya.
- Ahmad DS., Indrowuryatno., dkk. (2004). Pencemaran Logam Berat Fe, Cd, Cr dan Pb pada Lingkungan Mangrove di Propinsi Jawa Tengah”. Pp. 4(2): 45-49 sep 2004. ISSN : 1411-4402.PPLHLPPM UNS Surkarta.
- Alimuniar, A. Dan Zainuddin R.,(1998). “An Economical Technique For Producing Chitosan”. *Advantage Integration Chitin and Chitosan*. London Elviesier.
- Amelia, A., (1991), “Pemanfaatan Kitosan Sebagai Pengikat Logam Cu Dalam Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Dengan Metode Kolom Dan Sentrifugasi”. Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian. IPB. Bogor.
- Arafat, A., Samad, A. Sabarin., Masum, Shah Md., Moniruzzaman, Mohammad. (2015).Preparation and characterization of chitosan from shrimp shell waste. *International journal of scientific & engineering research*. vol. 6, pp. 538-541.
- Aydın, Y. A., & Aksoy, N. D. (2009). Adsorption of chromium on chitosan: Optimization, kinetics and thermodynamics. *Chemical Engineering Journal*, 151(1-3), 188–194.
- Barrow, G. (1979). Physical Chemistry, 4th ed. Tokyo: Mc Graw Hill International Book Company.
- Bastaman. 1989. Studies on degradation and extraction of chitin and chitosan from prawn shells. England : The Queen University of Belfast.
- Baxter, A., Dillon, M., Taylor, KD., Roberts, GAF. (1992). Improved method for IR determination of the degree of N-acetylation of chitosan. *Int J Biol Macromol* 14 : 166– 169.
- Brugnerotto, J., Lizardi, J., Goyoolea, F., Arguelles-Monal, W., Desbrieres, J., Rinaudo, M. (2001). An infrared investigation in relation with chitin and chitosan characterization *Polymer* 42 : 3569–3580.
- Cahyaningrum, S.E, (2001), Karakterisasi Adsorpsi Ni(II) dan Cd(II) pada Kitosan dan Kitosan Sulfat dari cangkang Udang Windu, Tesis S2 kimia, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Eiden, C. A.; Jewell, C. A.; Wightman, J. P.(1980) Interaction of lead and chromium with chitin and chitosan. *J. Appl. Polym. Sci*, 25, 1587-1599
- Endang W Laksono, Jaslin Ikhsan dan AK. Prodjosantoso (2007). Model Pembentukan Kompleks Permukaan pada Adsorpsi Kitosan dengan Logam: DIKTI : Laporan Penelitian Fundamental, November 2007.
- Firdaus, Lutfi ,et al .(2018). Adsorption of Textile Dye by Activated Carbon Made from Rice Straw and Palm Oil Midrib. Aceh.

- Guibal, E., (1998), Metal-Anion Sorption by Chitosan Beads : Equilibrium and Kinetics Studies, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 37, 1398-1403.
- Hossain, M. A., Ngo, H. Hao, W. S. Guo and Nguyen, T. V.. (2012). Removal of Copper from Water by Adsorption onto Banana Peel as Bioadsorbent. *Int. J. of GEOMATE*, Vol. 2, No. 2 (Sl. No. 4), pp. 227-234.
- Hutahean, Ida S. M., 2001. "penggunaan kitosan sebagai penjerap terhadap logam Zn dan Cr dengan metode AAS". Skripsi Jurusan Kimia FMIPA-USU. Medan.
- Handayani, M., dan Sulistyono, E. (2009). Uji Persamaan Langmuir dan Freundlich pada Penyerapan Limbah Chrom VI oleh Zeolit. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir PTNBR –BATAN Bandung*, 130-136.
- Jin, L and Bai, R. (2002). "Mechanisms of Lead Adsorption on Chitosan/PVA Hydrogel Beads Langmuir". 18(25) : 9765-9770.
- Juang, R.S., Tseng, R.L., Wu, F.C., Lee, S.H., (1997), Adsorption Behavior of Reactive Dyes from Aqueous Streams onto chitosan, *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 70, 391-399.
- Jothimani, S. Sureshkumar, B. Venkatachlapathy, Hydrophobic structural modification of chitosan and its impact on nanoparticle synthesis e a physicochemical study, *Carbohydr. Polym.* 173 (2017) 714e720.
- Kartika S., Sunardi, Agung B. S. U., Parmin L. T., Evi Y. dan Mashadi. (2020). Sifat Optik dan Permittivitas Listrik Membran Polimer Padat Kitosan/PEO. *Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*. Vol.17. No. 2. Desember 2020. Universitas PGRI Palembang.
- Knorr D. (2004). Functional Properties of Chitin And Chitosan. *J. Food. Sci.* 47 : 36 – 38.
- Kumar, M. N. V. R. (2000). A Review of Chitin and Chitosan Applications. *Reactive and Functional Polymers*, 46
- Kavitha, E., Kedia, R., Babaria, N., Prabhakar, S., & Rajesh, M. P. (2020). Optimization of process using carboxymethyl chitosan for the removal of mixed heavy metals from aqueous streams. *International Journal of Biological Macromolecules*.
- Kurniawati, Haironi, Lely.(2018). Aplikasi Kitosan Teraktivasi Asam Arkobat Sebagai Adsorben Zat Warna Remazol Yellow. Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram Jalan Majapahit.
- Laksono, Endang W.,(2009), Kajian Terhadap Aplikasi Kitosan Sebagai Adsorben Ion Logam Dalam Limbah Cair, *Juridik Kimia, FMIPA, UNY, Yogyakarta*.
- Liu, H., Yang, F., Zheng, Y., Kang, J., Qu, J., and Chen, J.P., (2011), Improvement of Metal Adsorption Onto Chitosan/Sargassum sp. Composite Sorbent by An Innovative Ion Imprint Technology, *Water Resource*, vol. 45, pp. 14.
- Mahendra, Jarot. 2007. Pemanfaatan Kitosan Dan Kitosan Termodifikasi Dari Limbah Udang Sebagai Adsorben Logam Cu, Cr, Dan Zn [skripsi]. Universitas Indonesia, Depok.
- Mandal, D. Chakrabarty, Isolation of nanocellulose from waste sugarcane bagasse (SCB) and its characterization, *Carbohydr. Polym.* 86 (3) (2011) 1291–1299.

- Mattel, C., L. (1951). Adsorption. Edisi 2, McGraw-Hill, Company Inc., New York
- Muzzarelli RAA. (1997) Depolymerization of chitins and chitosans with hemicellulase, lysozyme, papain, and lipases. Chitin Handbook. European Chitin Soc, Grottamare.
- Nwabanne, J.T.&Igbokwe P.K, 2008.KineticsAnd Equilibrium Modeling Of Nikel Adsorption By Cassava Peel.*J. of Engineering and AppliedSciences*, 3 (11): 829-834.
- Nwodika ,Chekwube and Onukwuli ,Okechukwu Dominic.(2017).Adsorption Study of Kinetics and Equilibrium of Basic Dye on Kola Nut Pod Carbon. *GU J Sci* 30(4): 86- 102
- Nugroho CS, A., Nanik D.H., &Budi U.(2011).Sintesis dan Karakterisasi Membran Kitosan untuk Aplikasi Sensor Deteksi Logam Berat.*Jurnal Molekul*. Vol. 6. No. 2. November 2011. Universitas Sebelas Maret.
- Oscik, J. 1982. Adsorption. John Wiley and Sons, New York
- Pratiwi, R., Prinajati, D.P.S. (2018). Adsorption for lead removal by chitosan from shrimp shells.*Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology*. 2(1) : 35-46.
- Siahaan, Anisyah. (2020). Pembuatan dan Karakterisasi Membran Polimer Elektrolit Berbasis Kitosan dan Zeolit Alam Pahae. [skripsi]. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatra Utara
- Suhaib S. Salih & Tushar K. Ghosh,. (2017).Preparation and characterization of bioadsorbent beads for chromium and zinc ions adsorption, *Cogent Environmental Science*, 3:1, 1401577.
- Sugita, P, dkk., (2009). Kitosan: Sumber Biomaterial Masa Depan. IPB Press, Bogor.
- Soemirat, J., (2015), “Toksikologi Lingkungan”, Gadjah Mada University Press,Yogyakarta
- SNI 6989.17:2009. Air dan Air Limbah –Bagian 17: Cara Uji Krom-Total (Cr-Total) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) –nyala.
- S. Takeshita, A. Konishi, Y. Takebayashi, S. Yoda, K. Otake, Aldehyde approach to hydrophobic modification of chitosan aerogels, *Biomacromolecules* 18 (2017) 2172e2178.
- Tambunan, Tulus H. (2001). “Perekonomian Indonesia”.Penerbit Ghalia Indonesia. Jakarta.
- T. Jozwiak, U. Filipkowska, P. Szymczyk, J. Rodziewicz, A. Mielcarek, Effect of 12 K. Nowacki et al. / *Electrochimica Acta* 320 (2019)” ionic and covalent crosslinking agents on properties of chitosan beads and sorption effectiveness of Reactive Black 5 dye”, *React. Funct. Polym.*
- Trisnawati, E., Andesti, D., & Saleh, A. (2013). Pembuatan kitosan dari limbah cangkang kepiting sebagai bahan pengawet buah duku dengan variasi lama pengawetan. *Jurnal Teknik Kimia*, 19(2): 17–26.
- Trung, T. S., Thein-Han, W. W., Qui, N. T., Ng, C.-H. & Stevens, W. F. (2006). "Functional characterization of shrimp chitosan and it's membranes as affected by degree of deacetylation. *Bioresource Technology* , 97 (4), pp. 659- 663.

- Vilardi, Giorgio, DiPalma, Luca and Verdone, Nicola. (2017). Heavy metals adsorption by banana peels micro-powder: Equilibrium modeling by non-linear models. *Chinese Journal of Chemical Engineering*.
- V. Yeul, S. Rayalu, Unprecedented chitin and chitosan: a chemical overview, *J. Polym. Environ.* 21 (2013) 606-614.
- Wiyarsi, A dan Priyambodo, E. 2011. Penelitian Kitosan Pengaruh Konsentrasi dari Cangkang Udang terhadap Efisiensi Penjerapan Logam Berat. Jurusan pendidikan Kimia FMIPA UNY: Yogyakarta.
- Rohyami, Y., Indarwati, Afrilianus, A., (2015). Preparation of Chitosan/Chitosan Beads and Determination of Deacetylation Degree, International Conference on Research, Implementation, and Education of Mathematics and Sciences.
- Rohyami, Y., Zulkipli, R. A., Safitri, A. D., Pratiwi, N. W., & Sholihah, R. A. (2015). Adsorption of Hexavalent Chromium from Aqueous Solutions by Chitosan/Chitosan Beads. *Adsorption*. International Seminar on Chemical Education.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Optimasi pH pada Pengujian Adsorpsi Logam Cr oleh Kitosan dan Kitosan *Bead*

Rumus penentuan kapasitas adsorpsi

$$Q = \frac{(C_o - C_a)}{m} \times V$$

$$C_o = \frac{y - b}{a} \times fp$$

$$C_a = \frac{y-b}{a} \times fp$$

$$fp = \frac{\text{Volume total}}{\text{Volume diambil}}$$

Keterangan :

Q = Kapasitas adsorpsi (mg/g)

C_o = Konsentrasi mula-mula (mg/L)

C_a = Konsentrasi akhir (mg/L)

V = Volume larutan kitosan (L) (10 mL)

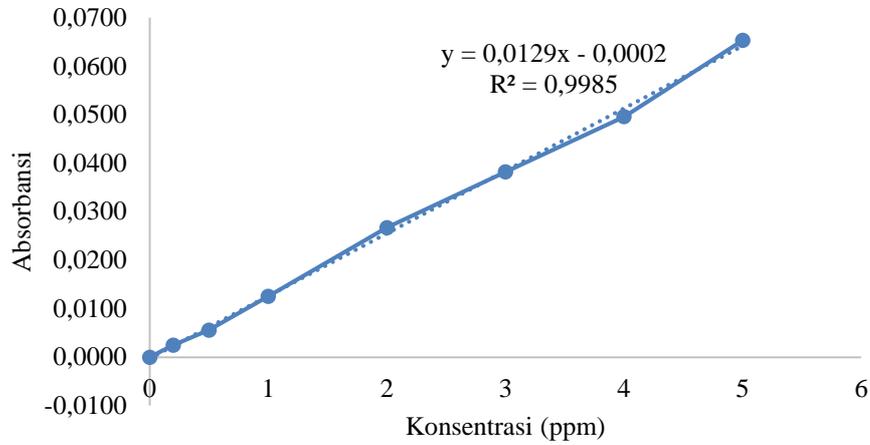
m = massa awal kitosan (g)

1. Data Penentuan kurva kalibrasi standar Cr

Data Kurva Kalibrasi Deret Standar

No	Konsentrasi (mg/L)	Absorbansi			Absorbansi Rata-rata
		1	2	3	
1	0	0,000	0	0	0,000
2	0,2	0,0025	0,0025	0,0025	0,003
3	0,5	0,0055	0,0053	0,0059	0,006
4	1	0,0126	0,0126	0,0125	0,013
5	2	0,0268	0,0264	0,0269	0,027
6	3	0,0382	0,038	0,0383	0,038
7	4	0,050	0,049	0,0496	0,050
8	5	0,065	0,065	0,0656	0,065

Kurva kalibrasi Standar Cr



Gambar 4.1 Kurva Kalibrasi standar Cr

Keterangan Kurva Kalibrasi

intersep	-0,0002
slope	0,0129
Koefisien Korelasi	0,9992

2. Data Penentuan Konsentrasi mula-mula

No	pH	C teoritis	Absorbansi			Absorbansi rata-rata	Konsentrasi awal (mg/L)
			1	2	3		
1	3		0,0255	0,0255	0,0255	0,0255	49,806
2	4	50	0,025	0,0251	0,0251	0,0251	48,966
3	5	mg/L	0,0241	0,0241	0,0241	0,024	47,093
4	6		0,0247	0,0247	0,0247	0,025	48,256

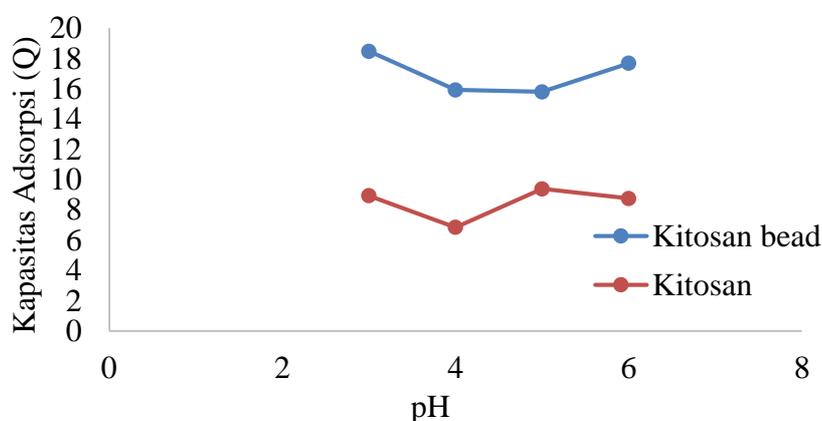
3. Data penentuan konsentrasi akhir yang diberi kitosan murni

V= 0,01 L Fp= 25

No	pH	C teoritis	Massa kitosan murni (g)	Absorbansi			Abs	Konsentrasi hasil (mg/L)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
				1	2	3			
1	3		0,0501	0,0161	0,0163	0,0164	0,0163	31,912	3,5717
2	4	50	0,0500	0,0180	0,0180	0,0180	0,0180	35,271	2,7390
3	5	mg/L	0,0501	0,0144	0,0144	0,0144	0,0144	28,295	3,7522
4	6		0,0500	0,0156	0,0157	0,0157	0,0157	30,749	3,5013

4. Data penentuan konsentrasi akhir yang diberi kitosan *bead*

No	pH	C teoritis	Massa kitosan bead(g)	Absorbansi			Abs	Konsentrasi hasil (mg/L)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
				1	2	3			
1	3		0,0501	0,0064	0,0064	0,0064	0,0064	12,791	7,3883
2	4	50	0,0504	0,0085	0,0085	0,0085	0,0085	16,860	6,3702
3	5	mg/L	0,0503	0,0077	0,0077	0,0077	0,0077	15,310	6,3187
4	6		0,0505	0,0063	0,0063	0,0062	0,0063	12,532	7,0740



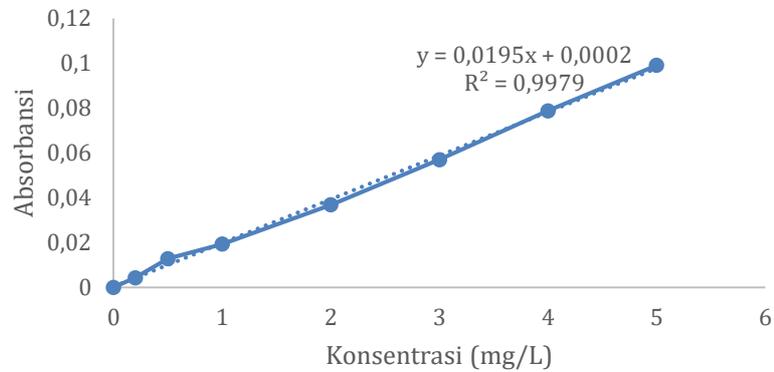
Gambar 4.2 Grafik Pengaruh pH

Lampiran 2. Perhitungan Optimasi massa pada Pengujian Adsorpsi Logam Cr oleh Kitosan dan Kitosan *Bead*

1. Data penentuan kurva kalibrasi standar Cr

No	Konsentrasi (mg/L)	Absorbansi			Absorbansi Rata-rata
		1	2	3	
1	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,2	0,0042	0,0042	0,0043	0,0042
3	0,5	0,0155	0,0114	0,0115	0,0128
4	1	0,0192	0,0193	0,0194	0,0193
5	2	0,0366	0,0369	0,0368	0,0368
6	3	0,0569	0,0570	0,0570	0,0570
7	4	0,0786	0,0787	0,0789	0,0787
8	5	0,0988	0,0989	0,0993	0,0990

Kurva Kalibrasi



Gambar 4.3 Kurva kalibrasi standar Cr

Keterangan Kurva Kalibrasi

intersep	0,0002
slope	0,0195
Koefisien Korelasi	0,9989

2. Data penentuan konsentrasi mula-mula

No	pH optimum	Konsentrasi Teoritis (mg/L)	Absorbansi			Abs	konsentrasi awal (mg/L)
			1	2	3		
1	5	50 mg/L	0,0339	0,0340	0,0340	0,0340	43,8034

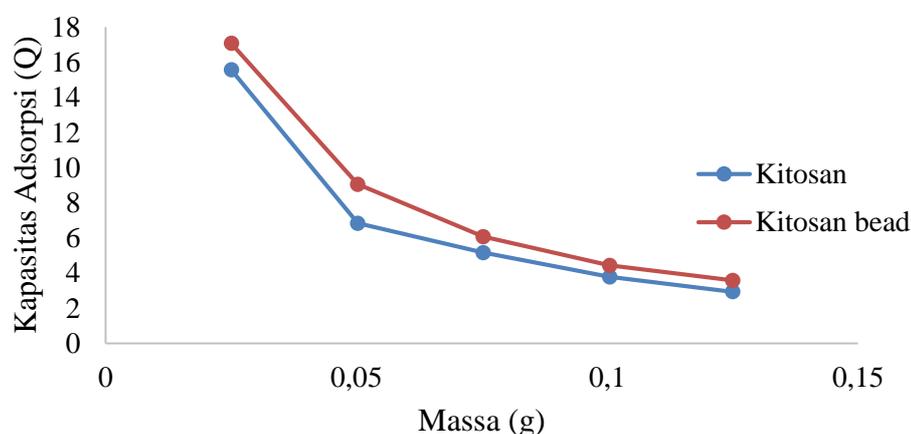
3. Data penentuan konsentrasi akhir diberi kitosan murni

V= 0,01 L Fp= 25

No	pH optimum	Massa kitosan (g)	C	Absorbansi			Abs	Konsentrasi hasil (mg/L)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
				1	2	3			
1	5	0,0251	50 mg/L	0,0039	0,0039	0,0039	0,0039	4,7436	15,5617
2		0,0503		0,0075	0,0075	0,0076	0,0075	9,4017	6,8393
3		0,0753		0,0040	0,0040	0,0041	0,0040	4,9145	5,1645
4		0,1005		0,0047	0,0047	0,0047	0,0047	5,7692	3,7845
5		0,1250		0,0057	0,0057	0,0057	0,0057	7,0513	2,9402

4. Data penentuan konsentrasi akhir diberi kitosan bead

No	pH optimum	Massa kitosan beads (g)	C Teoritis (mg/L)	Absorbansi			Abs	C hasil uji (mg/L)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
				1	2	3			
1	5	0,0252	50	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,769231	17,0771
2		0,0501		-0,0009	-0,0009	-0,0012	-0,0010	-1,5385	9,0503
3		0,0753		-0,0013	-0,0013	-0,0013	-0,0013	-1,9231	6,0726
4		0,1002		-0,0003	-0,0003	-0,0003	-0,0003	-0,6410	4,4356
5		0,1250		-0,0006	-0,0006	-0,0006	-0,0006	-1,0256	3,5863



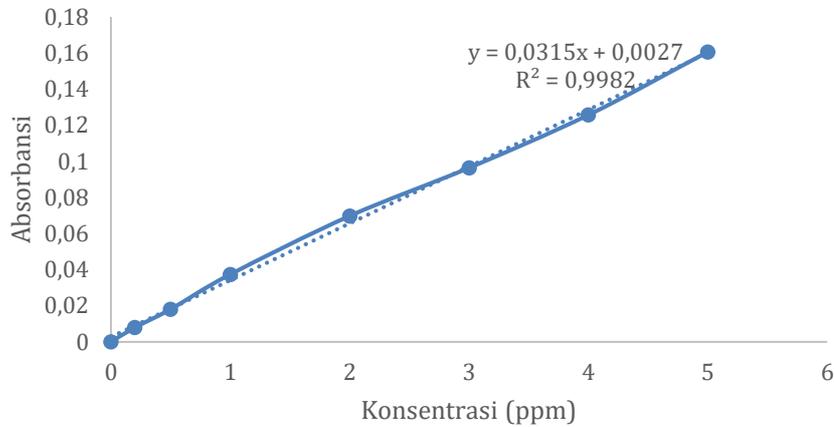
Gambar 4.4 Grafik penentuan pengaruh massa

Lampiran 3. Perhitungan Optimasi waktu pada Pengujian Adsorpsi Logam Cr oleh Kitosan dan Kitosan Beads

1. Penentuan Kurva Kalibrasi larutan standar Cr

No	Konsentrasi (mg/L)	Absorbansi			Absorbansi Rata-rata
		1	2	3	
1	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,2	0,0078	0,0079	0,0079	0,0079
3	0,5	0,018	0,0181	0,0181	0,0181
4	1	0,0371	0,0375	0,0375	0,0374
5	2	0,0691	0,0700	0,0700	0,0697
6	3	0,0963	0,0964	0,0964	0,0964
7	4	0,1256	0,1256	0,1258	0,1257
8	5	0,1605	0,1606	0,1606	0,1606

Kurva Kalibrasi Standar Cr



Gambar 4.5 Kurva Kalibrasi standar Cr

Keterangan Kurva Kalibrasi

Intersep	0,0027
Slope	0,0315
Koefisien Korelasi	0,9991

2. Data penentuan konsentrasi mula-mula

No	pH optimum	Konsentrasi Teoritis (mg/L)	Absorbansi			Absorbansi rata-rata	konsentrasi awal (mg/L)
			1	2	3		
1	5	50 mg/L	0,0647	0,0648	0,0648	0,0647	49,2063

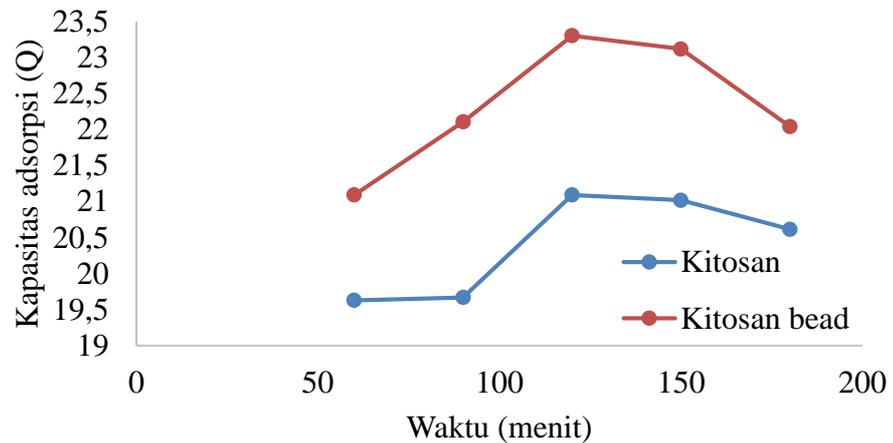
3. Data penentuan konsentrasi akhir setelah diberi kitosan murni

V= 0,01 L Fp=25

Waktu	Massa kitosan (g)	C Teoritis (mg/L)	Absorbansi				Konsentrasi hasil uji (mg/L)	Kapasitas Adsorpsi
			1	2	3	Abs		
60	0,0253	50 mg/L	0,0021	0,0021	0,0022	0,0021	-0,4497	19,6269
90	0,0251		0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	-0,1587	19,6674
120	0,025		-0,0017	-0,0017	-0,0018	-0,0017	-3,5185	21,0899
150	0,0252		-0,0019	-0,0021	-0,0021	-0,0020	-3,7566	21,0170
180	0,0250		-0,0002	-0,0002	-0,0003	-0,0002	-2,3280	20,6138

4. Penentuan Konsentrasi Akhir setelah diberi kitosan *bead*

Waktu	Massa membran (g)	C Teoritis	Absorbansi			Abs	Konsentrasi hasil uji (mg/L)	Kapasitas Adsorpsi
			1	2	3			
60	0,0253	50 mg/L	-0,0025	-0,0025	-0,0026	-0,0025	-4,1534	21,0908
90	0,0253		-0,0057	-0,0058	-0,0058	-0,0058	-6,7196	22,1051
120	0,0252		-0,0087	-0,0087	-0,0087	-0,0087	-9,0476	23,3016
150	0,0253		-0,009	-0,009	-0,009	-0,0090	-9,2857	23,1194
180	0,0250		-0,0046	-0,0048	-0,0048	-0,0047	-5,8995	22,0423

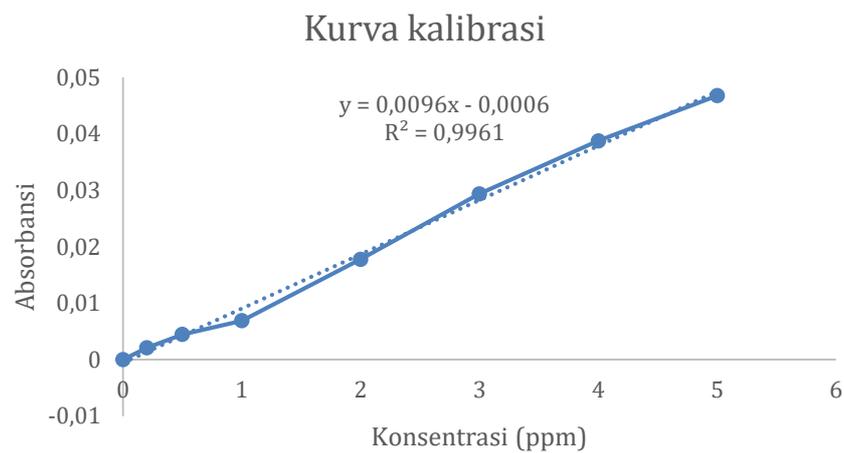


Gambar 4.6 Grafik penentuan pengaruh waktu

Lampiran 4. Perhitungan Optimasi konsentrasi pada Pengujian Adsorpsi Logam Cr oleh Kitosan dan Kitosan *Bead*

1. Data penentuan Kurva Kalibrasi Standar Cr

No	Konsentrasi (mg/L)	Absorbansi			Absorbansi Rata-rata
		1	2	3	
1	0	0	0	0	0,0000
2	0,2	0,002	0,0021	0,0022	0,0021
3	0,5	0,0044	0,0044	0,0046	0,0045
4	1	0,0068	0,0069	0,007	0,0069
5	2	0,0177	0,0177	0,0179	0,0178
6	3	0,0293	0,0294	0,0294	0,0294
7	4	0,0387	0,0387	0,0388	0,0387
8	5	0,0467	0,0467	0,0468	0,0467



Gambar 4.7 Grafik Penentuan Kurva kalibrasi standar Cr
Keterangan Kurva Kalibrasi

Slope	0,0096
Intersep	-0,0006
Koefisien Korelasi	0,9980

2. Data Penentuan Konsentrasi Mula-Mula

No	pH	Konsentrasi Teoritis (mg/L)	Absorbansi			Absorbansi rata-rata	Konsentrasi
			1	2	3		
1	5	25	0,0085	0,0085	0,0085	0,0085	23,6979
2		50	0,0183	0,0185	0,0185	0,0184	49,5660
3		75	0,0273	0,0273	0,0273	0,0273	72,6563
4		100	0,0365	0,0368	0,0368	0,0367	97,1354
5		125	0,0460	0,0462	0,0462	0,0461	121,7014

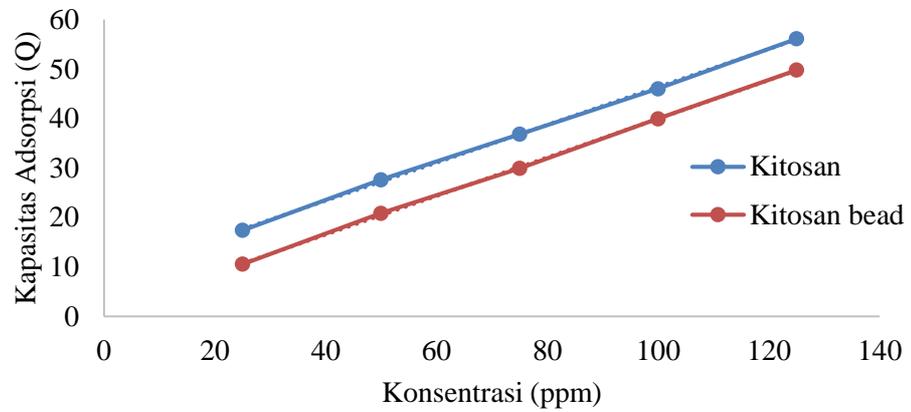
3. Data penentuan konsentrasi akhir setelah diberi kitosan murni

V= 0,01 L Fp= 25

m kitosan optimum (g)	C Teoritis (ppm)	Absorbansi			Abs	Konsentrasi hasil (mg/L)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
		1	2	3			
0,0251	25	-0,0016	-0,0017	-0,0017	-0,0017	-2,77778	10,5498
0,0251	50	-0,0022	-0,0024	-0,0024	-0,0023	-4,51389	20,8541
0,0252	75	-0,0048	-0,0049	-0,005	-0,0049	-11,1979	29,9341
0,0250	100	-0,0056	-0,0057	-0,0057	-0,0057	-13,1944	39,9653
0,0250	125	-0,0063	-0,0063	-0,0063	-0,0063	-14,8437	49,7917

4. Data penentuan konsentrasi akhir setelah diberi kitosan bead

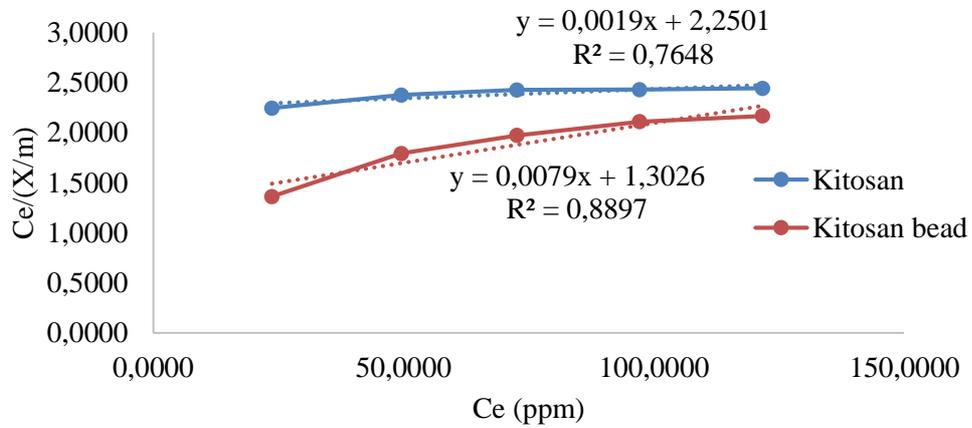
No	m kitosan optimum (g)	C Teoritis (ppm)	Absorbansi			Absorbansi rata-rata	Konsentrasi hasil (mg/L)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
			1	2	3			
1	0,0250	25	-0,0082	-0,0082	-0,0082	-0,0082	-19,7916	17,3953
2	0,0251	50	-0,0106	-0,0106	-0,0107	-0,0106	-26,1284	27,6325
3	0,0251	75	-0,0179	-0,018	-0,018	-0,0180	-45,2256	36,8318
4	0,0254	100	-0,0189	-0,0189	-0,0190	-0,0189	-47,7430	46,0342
5	0,0252	125	-0,0201	-0,0202	-0,0202	-0,0202	-50,9548	56,14803



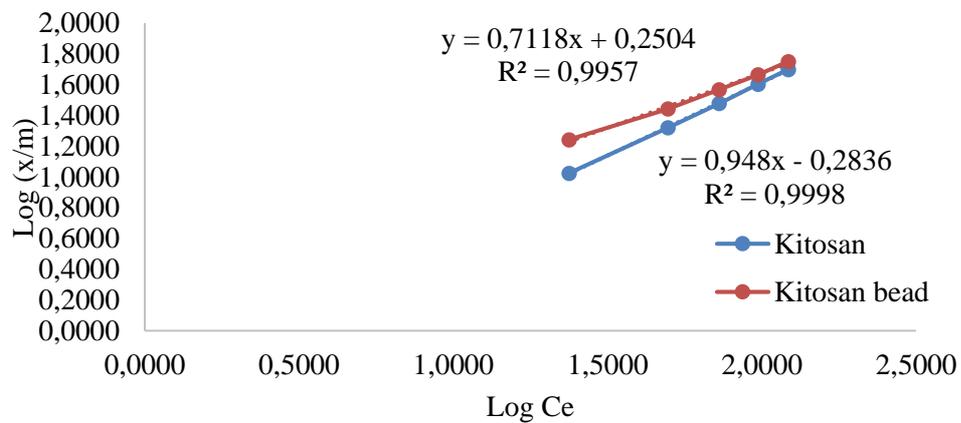
Gambar 4.8 Grafik penentuan pengaruh konsentrasi

Lampiran 5. Penentuan Isoterm Adsorpsi

C Awal (PPM)	Ce (PPM)	X/m (kitosan)	X/m (Kitosan bead)	Ce/ (x/m) (kitosan)	Ce/ (x/m) (Kitosan bead)	Log Ce	log (x/m) (kitosan)	log (x/m) (Kitosan bead)
25	23,6979	10,5481	17,3958	2,2467	1,3623	1,3747	1,0232	1,2404
50	49,5660	20,8541	27,6325	2,3768	1,7938	1,6952	1,3192	1,4414
75	72,6563	29,9341	36,8318	2,4272	1,9726	1,8613	1,4762	1,5662
100	97,1354	39,9653	46,0343	2,4305	2,1101	1,9874	1,6017	1,6631
125	121,7014	49,7917	56,1480	2,4442	2,1675	2,0853	1,6972	1,7493



Gambar 4. 9 Kurva isoterm langmuir ion logam krom



Gambar 4. 10 Kurva isoterm freundlich ion logam krom

Tabel 4.1 Plot Linier Model Isoterm Langmuir dan Freundlich

Keterangan	Persamaan langmuir		Persamaan Freundlich	
	Kitosan	Kitosan <i>bead</i>	Kitosan	Kitosan <i>bead</i>
Intersep	0,0007	0,0032	0,948	0,7118
Slope	0,9	0,521	0,1143	0,6483
R2	0,7648	0,8897	0,9998	0,9957
K (mg/g)	-	-	0,5205	1,7799
n	-	-	1,0549	1,4049
a (mg/g)	0,4444	0,7677	-	-
b	0,0008	0,0061	-	-

Keterangan:

R^2 = Koefisien determinasi

a dan k = Konstanta langmuir dan freundlich

b dan n = Konstanta adsorpsi langmuir dan freundlich

* Log K = Intersep dan $1/n$ = slope, $1/a$ =intersep dan b/a =slope

Lampiran 6. Pembuatan Larutan CH₃COOH 1%

$$V \text{ asam asetat} = \frac{1}{100} \times 100 \text{ mL}$$

$$= 1 \text{ mL}$$

Lampiran 7. Pembuatan larutan NaOH 1%

$$\text{Massa NaOH} = \frac{1}{100} \times 100 \text{ mL}$$

$$= 1 \text{ gram}$$

Lampiran 8. Pembuatan Larutan HCl 0,1 M

$$M = \frac{(\% \times \rho \times 10)}{Mr}$$

$$= \frac{37 \times 1,19 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 10}{36,5 \text{ g/mol}}$$

$$= 12,06 \text{ M}$$

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$100 \text{ mL} \times 0,1 \text{ M} = V_2 \times 12,06 \text{ M}$$

$$V_2 = 0,8 \text{ mL}$$

Lampiran 9. Pembuatan Larutan NaOH 0,1 M

$$M = \frac{\text{mol}}{V}$$

$$\text{mol} = M \cdot V$$

$$= 0,1 \text{ M} \times 0,1 \text{ L}$$

$$= 0,01 \text{ mol}$$

$$\text{Massa} = \text{mol} \cdot Mr$$

$$= 0,01 \text{ mol} \times 40 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$= 0,4 \text{ gram}$$

Lampiran 10. Pembuatan larutan KHP 0,1 M

$$M = \frac{\text{mol}}{V}$$

$$\text{mol} = M \cdot V$$

$$= 0,1 \text{ M} \times 0,1 \text{ L}$$

$$= 0,01 \text{ mol}$$

$$\text{Massa} = \text{mol} \cdot M_r$$

$$= 0,01 \text{ mol} \times 204,22 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$= 2,0422 \text{ gram}$$

Lampiran 11. Pembuatan larutan logam krom 50 ppm

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ mg/L} \times V_1 = 50 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 5 \text{ mL}$$

Lampiran 12. Pembuatan larutan logam krom 10 ppm

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ mg/L} \times V_1 = 10 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 1 \text{ mL}$$

Lampiran 13. Penentuan %Derajat Deasetilasi

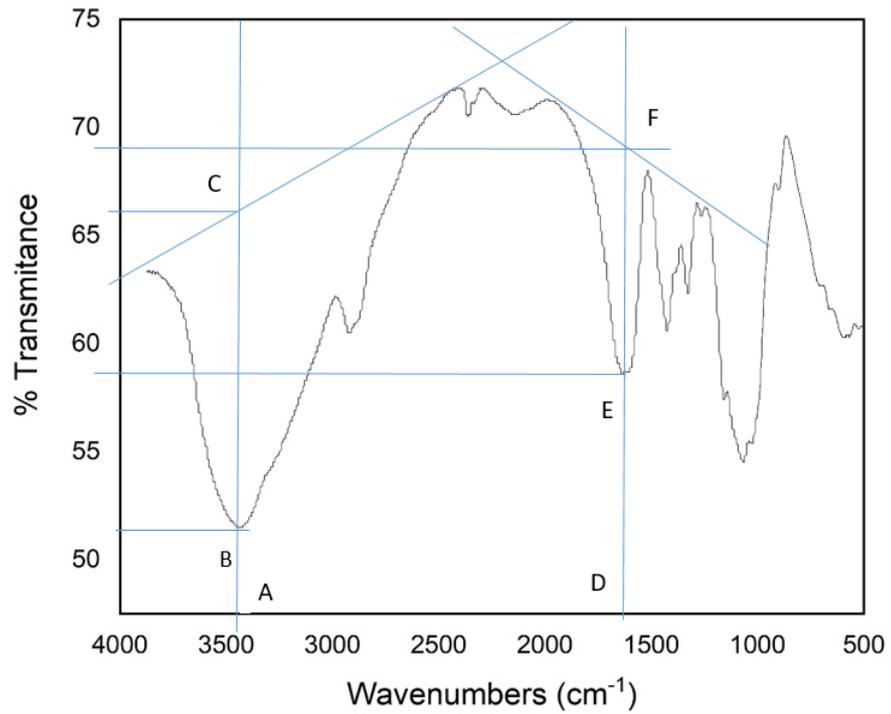
Keterangan	DF2	DE	A 1655	AC	AB	A 3450	DD (%)
Kitosan murni	69	59	0,0679	66	52	0,1035	50,68
Kitosan bead 1%	65	59	0,042	67	51	0,1185	73,35
Kitosan bead 2%	57	51	0,0483	56	42	0,1249	70,92
Kitosan bead 3%	64	60	0,028	63	52	0,0833	74,73
Kitosan bead 4%	-	-	-	-	-	-	-
Kitosan bead 5%	-	-	-	-	-	-	-

Rumus penentuan %Derajat deasetilasi

$$\%DD = 100 - \left[\left(\frac{A_{1656}}{A_{3450}} \right) \times \frac{100}{1,33} \right]$$

$$A_{1656} = \log \frac{DF_2}{DE}$$

$$A_{3450} = \log \frac{AC}{AB}$$



Gambar 4.11 Metode baseline kitosan murni

- **%DD kitosan murni**

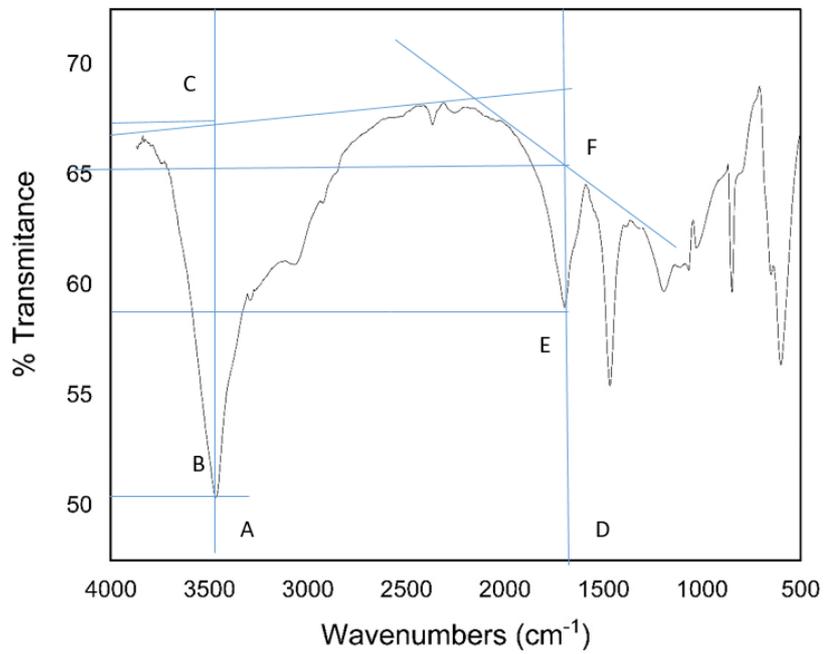
Dik : DF2 = 69 cm

DE = 59 cm

AC = 66 cm

AB = 52 cm

$$\begin{aligned} \%DD &= 100 - \left[\left(\frac{0,0679}{0,1030} \right) \times \frac{100}{1,33} \right] \\ &= 50,68 \% \end{aligned}$$



Gambar 4.12 Metode baseline kitosan bead 1%

- %DD kitosan bead 1%

Dik : DF2 = 65 cm

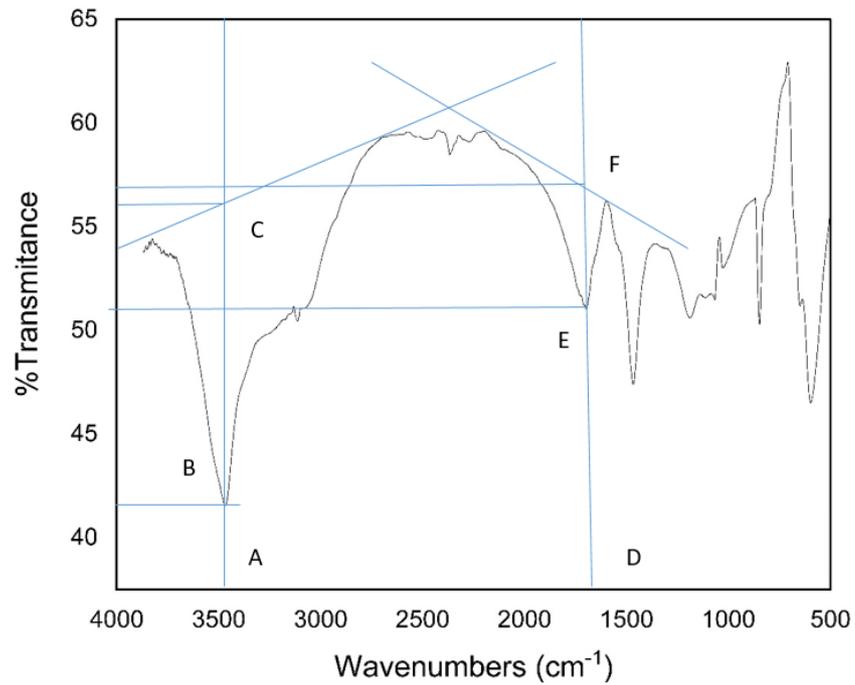
DE = 59 cm

AC = 67 cm

AB = 51 cm

$$\%DD = 100 - \left[\left(\frac{0,0420}{0,1185} \right) \times \frac{100}{1,33} \right]$$

$$= 73,35 \%$$



Gambar 4.13 Metode baseline kitosan bead 2%

- **%DD kitosan bead 2%**

Dik : DF2 = 57 cm

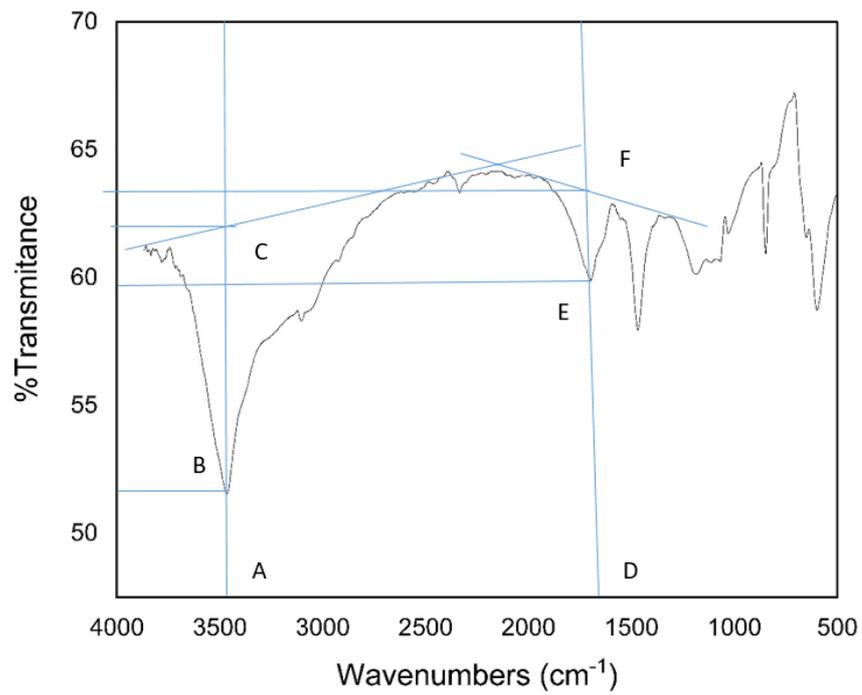
DE = 51 cm

AC = 56 cm

AB = 42 cm

$$\%DD = 100 - \left[\left(\frac{0,0483}{0,1249} \right) \times \frac{100}{1,33} \right]$$

$$= 70,92 \%$$



Gambar 4.14 Metode basline kitosan *bead* 2%

- **%DD kitosan *bead* 3%**

Dik : DF2 = 64 cm

DE = 60 cm

AC = 63 cm

AB = 52 cm

$$\begin{aligned} \%DD &= 100 - \left[\left(\frac{0,0280}{0,0833} \right) \times \frac{100}{1,33} \right] \\ &= 74,73 \% \end{aligned}$$