

SKRIPSI

**STUDI KINETIKA PENJERAPAN ION KHROMIUM DAN ION
TEMBAGA MENGGUNAKAN KITOSAN PRODUK DARI
CANGKANG KEPITING**



**Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan tugas akhir guna
memperoleh gelar Sarjana Teknik**

Oleh

AJENG TANINDYA APSARI

NIM. L2C606004

DINA FITRIASTI

NIM. L2C606016

JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2010

Halaman Pengesahan
Skripsi

Nama / NIM : Ajeng Tanindya Apsari / L2C606004
Nama / NIM : Dina Fitriasti / L2C606016
Judul Penelitian : Studi Kinetika Penjerapan Ion Khromium dan Ion Tembaga
Menggunakan Kitosan Produk dari Cangkang Kepiting
Dosen Pembimbing : Ir. Hargono, MT

Semarang, 27 Mei 2010
Telah Menyetujui
Dosen Pembimbing

Ir. Hargono, MT
NIP 195611261987031002

Ringkasan

Cangkang kulit kepiting yang banyak mengandung protein dan zat kitin dapat diolah menjadi kitosan yang memiliki banyak kegunaan. Kitosan adalah biopolimer alami yang dapat dirombak secara biologis. Kitosan dihasilkan dari kitin dengan melakukan deasetilasi (penghilangan gugus asetil) kitin. Tujuan penelitian ini adalah mencari data kinetika adsorpsi yaitu data tentang kapasitas kitosan dalam menyerap logam timbal dan khromium sebagai fungsi waktu. Proses pembuatan kitosan meliputi empat tahap yaitu deproteinasi, demineralisasi, decolorisasi, dan deasetilasi. Hasil penelitian menunjukkan kualitas kitosan memiliki derajat deasetilasi sebesar 70,4 %. Variabel yang digunakan adalah banyaknya kitosan yang ditambahkan (10 dan 20 gram kitosan) terhadap jenis logam berat (Cu, Cr, dan limbah gabungan Cu dan Cr). Pada uji aplikasi kitosan sebagai adsorben ion Cu dan Cr menunjukkan bahwa hasil yang lebih optimum menggunakan kitosan sebanyak 20 gr/1 lt yaitu menyerap Cu hingga 99,95% dan Cr hingga 99,61% selama 360 menit. Setelah proses adsorpsi, dilakukan regenerasi kitosan agar kitosan yang telah digunakan untuk menyerap logam berat dapat digunakan kembali. Untuk proses regenerasi kitosan dilakukan dengan cara desorpsi menggunakan larutan asam sulfat (H_2SO_4) dengan perbandingan kitosan dan H_2SO_4 adalah 1 : 50 dengan pengadukan selama 24 jam. Hal ini ditunjukkan dengan persamaan Langergen kinetika orde satu semu dan orde dua semu. Diperoleh hasil bahwa kinetika kitosan dalam menyerap logam lebih mendekati pada model persamaan orde dua semu.

Summary

Skin crab which contains proteins and substances can be processed into chitin become chitosan has many uses. Chitosan is natural that can biopolymer biologically altered. Chitosan produced from chitin by deacetylation (removal of acetyl group) chitin. The purpose of this research is to find the kinetics of adsorption data about the capacity of the chitosan adsorb lead and chromium metal as a function of time. Chitosan making process includes four phases namely deproteinization, demineralization, decolorization, and deacetylation. The results showed deacetylation degree of chitosan has 70.4%. Variable used is the number chitosan added (10 and 20 grams chitosan) of heavy metals (Cu, Cr, and multicomponent solution). For application chitosan test as adsorbent Cu and Cr ions show that the optimum result using 20 gr/1 lt chitosan to adsorb Cu until 99,95% and Cr until 99,61 % during 360 minutes. After the adsorption process, this research processed chitosan regeneration so the chitosan after used to adsorb heavy metals can be used again. For the regeneration chitosan can be done desorption by using a solution of sulfuric acid (H_2SO_4) with chitosan and H_2SO_4 ratio is 1: 50 with stirring for 24 hours. The test indicated by equation pseudo-order kinetics and pseudo second order and obtained the result that the kinetics of metal chitosan is closer to adsorb on Langmuir model of pseudo second order equation.

Prakata

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian dengan judul Studi Kinetika Penjerapan Ion Khromium dan Ion Tembaga Menggunakan Kitosan Produk dari Cangkang Kepiting.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih serta penghargaan yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ir. Hargono, MT selaku dosen pembimbing penelitian.
2. Dr. Ir. Abdullah, MS selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Diponegoro
3. Semua pihak yang telah membantu selama penelitian.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan laporan penelitian ini masih banyak kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun, demi kesempurnaan laporan penelitian ini.

Semoga laporan penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi siapapun yang membacanya, khususnya mahasiswa Teknik Kimia.

Semarang, Mei 2010

Penyusun

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Halaman Pengesahan	ii
Ringkasan	iii
Summary	iv
Prakata	v
Daftar Isi	vi
Daftar Tabel	viii
Daftar Gambar	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	1
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Kegunaan Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Kitin.....	3
2.1.1 Pengertian Kitin.....	3
2.1.2 Sumber-Sumber Kitin.....	3
2.1.3 Sifat Fisis Kitin.....	4
2.1.4 Sifat Kimia Kitin.....	6
2.2 Pembuatan Kitin menjadi Kitosan	6
2.2.1 Deproteinisasi	6
2.2.2 Demineralisasi.....	6
2.2.3 Decolorisasi.....	7
2.3 Kitosan.....	7
2.3.1 Kitosan secara Umum.....	7
2.3.2 Sifat Fisis Kitosan.....	7

2.3.3 Sifat Kimia Kitosan.....	9
2.3.4 Mekanisme Reaksi Pembentukan Kitosan dan Kitin.....	10
2.4 Limbah Khromium.....	11
2.5 Limbah Tembaga.....	12
2.6 Adsorpsi.....	13
2.7 Regenerasi Kitosan.....	15
2.8 Model Kinetika.....	16
2.9 Spektrofotometri Serapan Atom.....	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Rancangan Penelitian.....	21
3.1.1 Penetapan Variabel.....	21
3.1.2 Respon / Pengamatan.....	22
3.1.3 Bahan dan Alat.....	23
3.1.4 Gambar Alat.....	23
3.1.5 Langkah Kerja.....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
BAB V KESIMPULAN	38
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

Daftar Tabel

Tabel 2.1	Persentase Kitin pada Binatang.....	4
Tabel 2.2	Spesifikasi Kitin.....	5
Tabel 2.3	Standard Kitosan.....	9
Tabel 2.4	Sifat Fisik Khromium.....	11
Tabel 2.5	Sifat Fisik Tembaga.....	12
Tabel 4.1	Pengaruh waktu adsorpsi terhadap kadar tembaga untuk 10 gr kitosan/1 liter dan 20 gr kitosan/1 liter larutan Cu.....	29
Tabel 4.2	Pengaruh waktu adsorpsi terhadap kadar khrom untuk 10 gr kitosan/1 liter dan 20 gr kitosan/1 liter larutan Cr	30
Tabel 4.3	Pengaruh waktu adsorpsi terhadap kadar khrom dan tembaga untuk 10 gr kitosan/1 liter larutan Cu dan Cr	32
Tabel 4.4	Pengaruh waktu adsorpsi terhadap kadar khrom dan tembaga untuk 20 gr kitosan/1 liter larutan Cu dan Cr.....	33
Tabel 4.5	Hasil penggunaan pelarut H ₂ SO ₄ terhadap Desorpsiion logam berat (Cu dan Cr) selama 24 jam pengadukan	35

Daftar Gambar

Gambar 2.1	Struktur Kitin.....	4
Gambar 2.2	Struktur Selulosa.....	5
Gambar 2.3	Struktur Kitosan.....	8
Gambar 2.4	Reaksi Pembentukan Kitosan dari Kitin.....	11
Gambar 2.5	Tampang Lintang Lampu Katoda Rongga.....	18
Gambar 2.6	Tampang Aliran Eksekusi dalam Spektrofotometer Serapan Atom.....	19
Gambar 2.7	Proses pada Lampu Katoda Rongga.....	19
Gambar 3.1	Gambar Rangkaian Alat Proses Demineralisasi, Deproteinisasi, Deasetilasi dan Adsorpsi Logam Berat	23
Gambar 3.2	Rangkaian Alat FTIR	24
Gambar 3.3	Rangkaian Alat AAS	24
Gambar 3.4	Bentuk Kitosan.....	27
Gambar 4.1	Hubungan Waktu Adsorpsi dengan Penjerapan Cu menggunakan 10 gram Kitosan/1 liter larutan Cu	29
Gambar 4.2	Hubungan Waktu Adsorpsi dengan Penjerapan Cu menggunakan 20 gram Kitosan/1 liter larutan Cu	30
Gambar 4.3	Hubungan Waktu Adsorpsi dengan Penjerapan Cr menggunakan 10 gram Kitosan/1 liter larutan Cr	31
Gambar 4.4	Hubungan Waktu Adsorpsi dengan Penjerapan Cr menggunakan 20 gram Kitosan/1 liter larutan Cr	31
Gambar 4.5	Hubungan Waktu Adsorpsi dengan Penjerapan Limbah Gabungan (Cu) menggunakan 10 gram Kitosan/1 liter larutan Cu dan Cr	32
Gambar 4.6	Hubungan Waktu Adsorpsi dengan Penjerapan Limbah Gabungan (Cr) menggunakan 10 gram Kitosan/1 liter larutan Cu dan Cr	33
Gambar 4.7	Hubungan Waktu Adsorpsi dengan Penjerapan Limbah Gabungan (Cu) menggunakan 20 gram Kitosan/1 liter larutan Cu dan Cr	34
Gambar 4.8	Hubungan Waktu Adsorpsi dengan Penjerapan Limbah Gabungan (Cr) menggunakan 20 gram Kitosan/1 liter larutan Cu dan Cr	34

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Selama ini pemanfaatan kepiting hanya terbatas sebagai kebutuhan pangan saja. Pemanfaatan limbah cangkang kepiting kurang begitu diperhatikan karena jumlah limbah yang cukup besar, maka perlu diupayakan pemanfaatan limbah kepiting secara non konvensional agar cangkang kepiting dapat dibuat kitosan.

Beberapa negara mencoba mengatasi hal ini dengan memanfaatkannya sebagai bahan dasar pembuatan kitin dan kitosan. Kitosan dan turunannya dapat digunakan untuk berbagai keperluan dalam bidang medis, pangan ataupun lingkungan. Kitosan dihasilkan dari udang dan kepiting dengan melakukan deasetilasi (penghilangan gugus asetil) kitin menggunakan alkali kuat pada suhu tinggi dan dalam waktu lama kitosan dapat digunakan sebagai penjerap logam berat. Logam berat berasal dari limbah industri penyamakan kulit, pelapisan logam, fotografi, dan dapat membahayakan lingkungan. Limbah ini bersifat akumulatif dalam tubuh manusia, sehingga membahayakan kesehatan manusia.

Salah satu cara untuk mengurangi kadar limbah logam berat yaitu dengan adsorpsi, dengan cara limbah dilewatkan ke suatu media penjerap dan terjadi proses penjerapan logam berat di permukaan adsorben kitosan.

1.2 Perumusan Masalah

Cangkang kepiting dapat menimbulkan masalah tersendiri dalam hal pencemaran limbah. Cangkang kepiting yang banyak mengandung protein dan zat kitin dapat diolah menjadi kitosan yang memiliki banyak kegunaan.

Untuk menanggulangi pencemaran akibat limbah industri kepiting sekaligus memanfaatkan cangkang kepiting maka dilakukan penelitian untuk mengubah cangkang kepiting menjadi kitosan dengan proses demineralisasi, deproteinasi dan deasetilasi.

Dalam penelitian ini dibatasi pada permasalahan kinetika reaksi pada proses penjerapan kitosan terhadap logam khromium dan tembaga.

1.3 Tujuan

1. Menentukan kualitas kitosan dari proses deasetilasi kitin dengan menentukan derajat deasetilasi paling besar
2. Mencari data kinetika adsorpsi yaitu tentang kapasitas kitosan dalam menyerap logam khromium dan tembaga sebagai fungsi waktu.
3. Mengkaji data yang diperoleh dengan model kinetika orde satu semu dan orde dua semu menggunakan program Matlab.

I.4 Kegunaan Penelitian

1. Memberi alternatif dalam mengatasi pencemaran lingkungan yang berasal dari limbah cangkang kepiting industri perikanan sehingga dapat meningkatkan nilai ekonomis limbah tersebut
2. Diharapkan dapat mengetahui kondisi kesetimbangan pada proses penjerapan limbah khromium dan tembaga dengan menggunakan kitosan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kitin

2.1.1 Pengertian Kitin

Kitin berasal dari bahasa Yunani *chitin*, yang berarti kulit kuku. Yang merupakan komponen utama dari eksoskeleton invertebrata, crustacea, insekta, dan juga dinding sel dari fungi dan yeast dimana komponen ini berfungsi sebagai komponen penyokong dan pelindung. Senyawa kitin adalah suatu polimer golongan polisakarida yang tersusun atas satuan-satuan beta - (1→4) 2-asetamido-2-deoksi-D-glukosa, yang secara formalnya dapat dipertimbangkan sebagai suatu senyawa turunan selulosa yang gugus hidroksil pada atom C-2 digantikan oleh gugus asetamido (Suhardi, 1992). Nama lain senyawa kitin adalah 2-asetamida-2-deoksi-D-glukopiranososa.

2.1.2 Sumber-Sumber Kitin

Kitin merupakan salah satu tiga besar dari polisakarida yang paling banyak ditemukan selain selulosa dan *starch* (zat tepung). Kitin menduduki peringkat kedua setelah selulosa sebagai komponen organik paling banyak di alam. Selulosa dan *starch* merupakan zat penting bagi tumbuhan untuk membentuk makanannya (zat karbohidrat) dan pembentukan dinding sel. Kitin banyak ditemukan secara alamiah pada kulit jenis crustacea, antara lain kepiting, udang, lobster. Kitin juga banyak ditemukan di dalam rangka luar marine zoo-plankton termasuk jenis coral dan jellyfish. Jenis serangga yaitu kupu-kupu, kumbang mempunyai zat kitin terutama pada lapisan kutikula luar. Pada dinding sel yeast, mushroom, dan jenis jamur lainnya banyak ditemukan kitin.

Kitin merupakan polimer alamiah yang dapat ditemukan di alam berbeda-beda tergantung pada sumbernya. Hal ini dapat dilihat dari Tabel 2.1

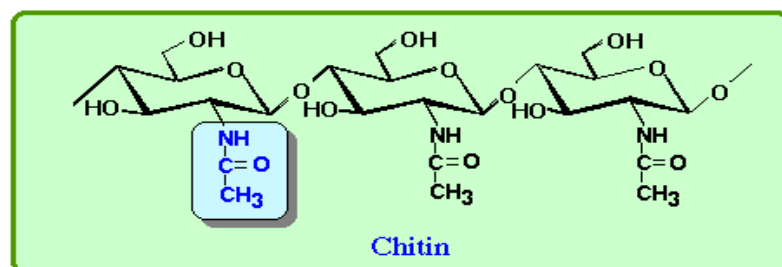
Tabel 2.1 Persentase Kitin pada Binatang

Sumber	% Kitin
Fungi (jamur)	5-20%
Worms(cacing)	3-20%
Squigs/octopus (gurita)	30%
Spiders (laba-laba)	38%
Scorpions (kalajengking)	38%
Cockroaches (kecoa)	35%
Water beetle (kumbang air)	37%
Silk worm	44%
Hermit crab	69%
Kepiting	71%
Udang	20-30%

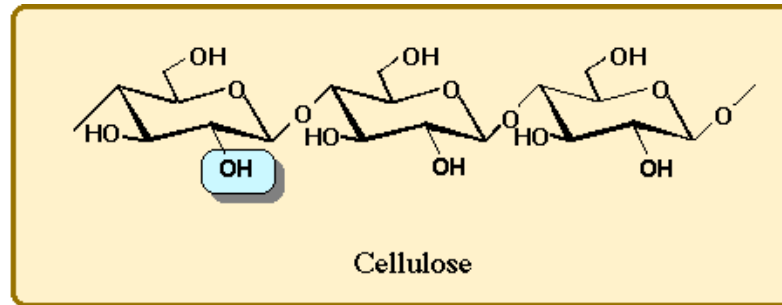
Sumber : Muzzarelli (1985)

2.1.3 Sifat Fisis Kitin

Secara umum kitin $(C_8H_{13}O_5N)_n$ mempunyai bentuk fisis berupa kristal berwarna putih hingga kuning muda, tidak berasa tidak berbau dan memiliki berat molekul yang besar dengan nama kimia Poly N-acetyl-D-glucosamine (atau beta (1-4) 2-acetamido-2-deoxy-D-glucose). Struktur kitin dan sellulosa dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.1 Struktur Kitin



Gambar 2.2 Struktur Sellulosa

Dari gambar di atas secara struktural terdapat perbedaan antara kitin dengan sellulosa dilihat dari gugusnya dimana kitin termasuk kedalam heteropolimer dan sellulosa termasuk homopolimer. Kitin merupakan polimer alamiah (biopolymer) dengan rantai molekul yang sangat panjang dengan rumus molekul dari kitin yaitu $[C_8H_{13}O_5N]_n$. Dari rumus molekul tersebut maka berat molekulnya $[203,19]n$. Penelitian lebih lanjut ditemukan bahwa zat kitin dari crustacea mempunyai bentuk sel rhombik dengan dimensi $a = 9,40 \text{ \AA}$; $b=10,46 \text{ \AA}$; $c=19,25$. Tiap sel terdiri dari 8 unit *acetylglucosamine*, dimana gugus acetylaminonnya saling berganti-ganti dari unit satu ke unit berikutnya. Karena kitin mempunyai molekul dengan berat yang besar dan sangat panjang maka tidak dapat diukur dengan pasti. Spesifikasi kitin secara umum dapat dilihat di Tabel 2.2

Tabel 2.2 Spesifikasi Kitin

Spesifikasi	Keterangan
Kadar air	2-10% pada keadaan normal
Nitrogen	6-7%
Drajat deasetilasi	Umumnya 10%
Abu pada suhu 900 °C	umumnya , 10%
Konstanta disosiasi K1	6 - 7%
Asam amino	Glisin,serin dan asam aspartat
Karotenoid	Tidak selalu ada

Sumber : Muzarelli (1985)

2.1.4 Sifat Kimia Kitin

Kitin adalah senyawa yang stabil terhadap reaksi kimia, tidak beracun (non toxic) dan bersifat *biodegradable*. Kitin tidak larut dalam air (bersifat hidrofobik), alkohol serta tidak larut dalam asam maupun alkali encer. Kitin dapat larut dengan proses degradasi menggunakan asam-asam mineral pekat, seperti asam formiat anhidrous, namun tidak jelas apakah semua jenis kitin dapat larut dalam asam formiat anhidrous (Lee, 1974). Mudah tidaknya kitin terlarut sangat tergantung pada derajat kristalisasi, karena hanya β -kitin yang terlarut dalam asam formiat anhidrous. Sifat kelarutan, derajat berat molekul, kelengkapan gugus asetil berbeda-beda menurut sumber bahan dan metode yang diterapkan (Austin dkk, 1981).

2.2 Pembuatan Kitin menjadi Kitosan

Selain kitin, di dalam eksoskeleton crustacea juga terdapat protein, material anorganik terutama kalsium karbonat, pigmen dan sebagian kecil lemak. Secara umum pemurnian kitin secara kimiawi terdiri dari dua tahap yaitu tahap deproteinisasi dan tahap demineralisasi (Zakaria, 1997). Untuk hasil yang lebih baik biasanya dilanjutkan dengan proses decolorisasi.

2.2.1 Deproteinisasi

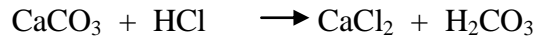
Protein dalam kulit kepiting mencapai sekitar 21% dari bahan keringnya. Protein tersebut berikatan kovalen dengan kitin. Dalam proses ini kulit kepiting direaksikan dengan larutan natrium hidroksida panas dalam waktu yang relatif lama. Adapun tujuan dari proses ini untuk memisahkan atau melepas ikatan-ikatan antara protein dan kitin

2.2.2 Demineralisasi

Mineral dalam kulit kepiting dapat mencapai 40 – 50% tiap berat bahan kering. Dalam proses demineralisasi menggunakan larutan asam klorida encer .

Proses ini bertujuan untuk menghilangkan garam-garam anorganik atau kandungan mineral yang ada pada kitin terutama kalsium karbonat.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



2.2.3 Decolorisasi

Penghilangan zat-zat warna dilakukan pada waktu pencucian residu setelah proses deproteinasi dan proses demineralisasi. Pada proses ini hasil dari proses demineralisasi direaksikan lebih lanjut dengan menggunakan agensia pemutih berupa natrium hipoklorit (NaOCl) atau peroksida. Proses decolorisasi bertujuan untuk menghasilkan warna putih pada kitin.

2.3 Kitosan

2.3.1 Kitosan Secara Umum

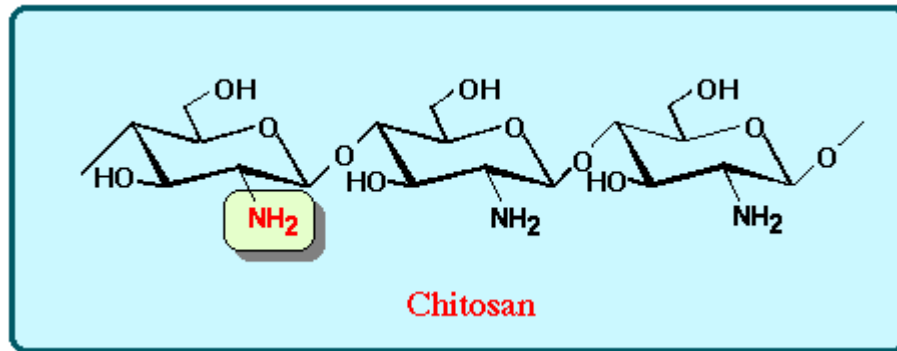
Kitosan dihasilkan dari kitin dan mempunyai struktur kimia yang sama dengan kitin, terdiri dari rantai molekul yang panjang dan berat molekul yang tinggi. Perbedaan antara kitin dan kitosan adalah pada setiap cincin molekul kitin terdapat gugus asetil (-CH₃-CO) pada atom karbon kedua, sedangkan pada kitosan terdapat gugus amina (-NH). Kitosan dapat dihasilkan dari kitin melalui proses deasetilasi yaitu dengan cara direaksikan dengan menggunakan alkali konsentrasi tinggi dengan waktu yang relatif lama dan suhu tinggi.

Kitosan adalah biopolimer yang mempunyai keunikan yaitu dalam larutan asam, kitosan memiliki karakteristik kation dan bermuatan positif, sedangkan dalam larutan alkali, kitosan akan mengendap.

2.3.2 Sifat Fisis Kitosan

Kitosan merupakan kopolimer D-glucosamine dan N-acetyl-D-glucosamine dengan ikatan β-(164), yang diperoleh dari alkali atau

deacetylation enzymatic from polysaccharide chitin. Chitosan has the name *kimia Poly d-glucosamine (beta (1-4) 2-amino-2-deoxy-D-glucose)*, with picture :



Gambar 2.3 Struktur Kitosan

Chitosan can be obtained with various morphological forms, including amorphous, crystalline, or semicrystalline. Besides that, it can also be in the form of amorphous solid with a white color and a crystal structure that remains from the original pure chitin. Chitin has biological and mechanical properties that are high, including being biorenewable, biodegradable, and biofunctional. Chitosan has a shorter chain than chitin. The solubility of chitosan in acid solutions and the viscosity of its solution depend on the degree of deacetylation and the degree of polymer degradation. There are two methods to obtain chitin, chitosan, and its oligomers with various degrees of deacetylation, polymerization, and molecular weight (Mw), namely with chemical and enzymatic methods.

A molecule is called chitin if it has a deacetylation degree (DD) up to 10% and a nitrogen content of less than 7%. It is called chitosan if the nitrogen content in the molecule is greater than 7% (Muzzarelli, 1985) and the deacetylation degree is more than 70% (Li et al., 1992).

Dry chitosan does not have a melting point. If stored for a relatively long time at a temperature around 100 °F, its overall properties and viscosity will change. If chitosan is stored for a long

dalam keadaan terbuka maka akan terjadi dekomposisi warna menjadi kekuningan dan viscositasnya berkurang. Suatu produk dapat dikatakan kitosan jika memenuhi beberapa standar seperti tertera pada Tabel 3.

Tabel 2.3 Standard Kitosan

Deasetilasi	≥ 70 % jenis teknis dan > 95 % jenis farmasikal
Kadar abu	Umumnya < 1 %
Kadar air	2 – 10 %
Kelarutan	Hanya pada $\text{pH} \leq 6$
Kadar nitrogen	7 - 8,4 %
Warna	Putih sampai kuning pucat
Ukuran partikel	5 ASTM Mesh
Viscositas	309 cps
E.Coli	Negatif
Salmonella	Negatif

Sumber : Muzzarelli (1985) dan Austin (1988)

2.3.3 Sifat Kimia Kitosan

Kitosan banyak digunakan pada berbagai aplikasi sebagai bidang, hal tersebut dikarenakan adanya gugus amino pada posisi C_2 dan juga karena gugus hidroksil primer dan sekunder pada posisi C_3 dan C_6 . Kitosan adalah turunan yang paling sederhana dari kitin. Tidak seperti polisakarida kehadiran gugus amino bermuatan positif yang terdapat sepanjang ikatan pilernya menyebabkan molekul dapat mengikat muatan negatif permukaan melalui ikatan ionik atau hidrogen (Muzzarelli, 1973; Rha, 1984; Shahidi, 1995), sehingga kitosan memiliki sifat kimia linier plyamine (poly D-glucosamine), gugus amino yang reaktif, gugus hidroksi yang reaktif.

Kitosan tidak larut dalam air namun larut dalam asam, memiliki viscositas cukup tinggi ketika dilarutkan, sebagian besar reaksi karakteristik

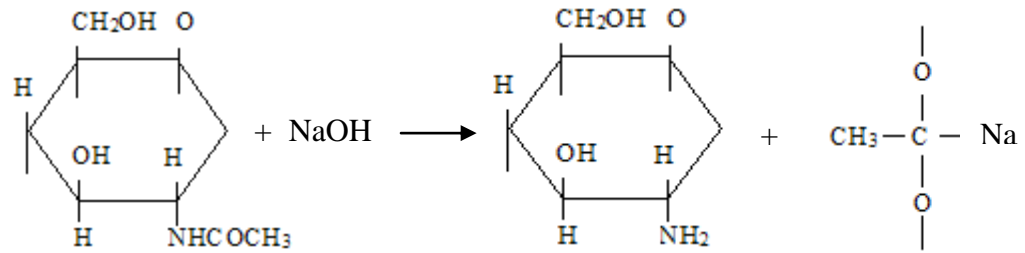
kitosan merupakan reaksi karakteristik kitin. Adapun berbagai solvent yang digunakan umumnya tidak beracun untuk aplikasi dalam bidang makanan. Solvent yang digunakan untuk melarutkan kitosan adalah asam format/air, asam asetat/air, asam laktat/air dan asam glutamate/air.

Larutan kitosan memiliki sifat-sifat yang spesifik dimana terdapat dua jenis gugus asam amino, yaitu :

1. Amino bebas ($-\text{NH}_2$)
 - Larut dalam larutan asam
 - Tidak larut dalam H_2SO_4
 - Limited solubility dalam H_3PO_4
 - Tidak larut dalam sebagian besar pelarut organik
2. Kation Amino ($-\text{NH}_2^+$)
 - Larut dalam larutan dengan $\text{pH} < 6,5$
 - Membentuk larutan yang kental
 - Membentuk gel dengan polyanion
 - Dapat larut didalam campuran alkohol dengan air

2.3.4 Mekanisme Reaksi Pembentukan Kitosan dari Kitin

Reaksi pembentukan kitosan dari kitin merupakan reaksi hidrolisa suatu amida oleh suatu basa. Kitin bertindak sebagai amida dan NaOH sebagai basanya. Mula-mula terjadi reaksi adisi, dimana gugus $-\text{OH}^-$ masuk ke dalam gugus NHCOCH_3 kemudian terjadi eliminasi gugus CH_3COO^- sehingga di hasilkan suatu amida yaitu kitosan. Secara sederhana reaksi pembentukan kitosan dari kitin dapat ditulis sebagai berikut



Gambar 2.4 Reaksi Pembentukan Kitosan dari Kitin

2.4 Limbah Khromium

Logam Khromium biasanya digunakan untuk mengeraskan baja, pembuatan baja tahan karat dan membentuk banyak alloy (logam campuran) yang berguna. Disamping itu digunakan dalam proses pelapisan logam untuk menghasilkan permukaan logam yang keras dan indah dan juga dapat mencegah korosi. Khrom memberikan warna hijau emerald pada kaca. Khrom juga digunakan sebagai katalis. Industri refraktori menggunakan khromit untuk membentuk batu bata, karena khromit memiliki titik cair tinggi, pemuaian yang relatif rendah dan kestabilan struktur kristal.

Sifat fisis dari senyawa khrom ini adalah berwarna. Kebanyakan senyawa kromat yang penting adalah natrium dan kalium, dikromat, dan garam dan ammonium dari campuran aluminium dengan khrom. Dikhromat bersifat sebagai zat oksidator dalam analisis kuantitatif, juga dalam proses pemucatan kulit.

Senyawa khrom digunakan dalam industri tekstil sebagai mordan atau penguat warna. Dalam industri penerbangan dan lainnya, senyawa khrom berguna untuk melapisi aluminium.

Tabel 2.4 Sifat Fisik Khromium

Nama	Khromium
Simbol	Cr
Nomor Atom	24
Massa Atom Relative	51,99
Titik Didih	2944 K (2671 °C, 4840 °F)
Titik Leleh	2180 K (1907 °C, 3465 °F)

2.5 Limbah Tembaga

Tembaga (Cu) merupakan suatu unsur yang penting dan berguna untuk metabolisme. Batas dari unsur ini yang mempengaruhi rasa pada air berkisar antara 11-5 mg/l merupakan batas konsentrasi tertinggi untuk mencegah timbulnya rasa yang tidak enak.

Tabel 2.5 Sifat fisik Tembaga

Nama	Tembaga
Simbol	Cu
Nomor atom	29
Massa atom relative	63,546 g.mol ⁻¹
Titik didih	1083,0 °C (1356,15 °K, 1981,4 °F)
Titik leleh	2567,0 °C (2840,15 °K, 4652,6 °F)
Nomor proton electron	29
Nomor neutron	35
Klasifikasi	Logam transisi
Struktur Kristal	Kubik
Densitas pada 293 K	8,96 g.cm ⁻³
Warna	Merah

Sumber : Anonim. 2005.²

Tembaga dengan nama kimia *cuprum* dilambangkan dengan Cu. Unsur ini berbentuk kristal dengan warna kemerahan. Dalam tabel periodik unsur-unsur kimia tembaga menempati posisi dengan nomor atom (NA) 29 dan mempunyai bobot atau massa atom relatif 63.546 g.mol⁻¹. Secara umum sumber masuknya logam Cu ke dalam tatanan lingkungan adalah secara alamiah dan non alamiah. Berikut ini adalah proses masuknya Cu ke alam:

- a) Secara alamiah Cu masuk ke dalam suatu tatanan lingkungan sebagai akibat peristiwa alam. Unsur ini dapat bersumber dari peristiwa pengikisan

(erosi) dari batuan mineral, dari debu-debu dan atau partikulat-partikulat Cu yang ada dalam lapisan udara yang turun bersama hujan.

b) Secara non alamiah Cu masuk ke dalam suatu tatanan lingkungan sebagai akibat dari suatu aktifitas manusia. Jalur dari aktifitas manusia ini untuk memasukkan Cu ke dalam lingkungan ada berbagai macam cara. Salah satunya adalah dengan pembuangan oleh industri yang memakai Cu dalam proses produksinya.

2.5.1 Efek Tembaga Bagi Kesehatan dan Lingkungan

Sebagai logam berat, Cu berbeda dengan logam berat lainnya seperti Hg, Cd dan Cr. Logam berat Cu digolongkan ke dalam logam berat yang dipentingkan atau logam berat *essential*, artinya meskipun Cu merupakan logam berat beracun, unsur logam ini sangat dibutuhkan tubuh meski dalam kadar yang sedikit.

Namun jika dampak tembaga dilihat dari segi lingkungan, dalam kondisi normal, keberadaan Cu dalam perairan ditemukan dalam bentuk senyawa ion CuCO_3 , Cu(OH)_2 dan lain-lain. Biasanya jumlah Cu yang terlarut dalam perairan laut adalah 0,002 ppm sampai 0,005 ppm. Bila dalam badan perairan laut terjadi peningkatan kelarutan Cu, sehingga melebihi nilai ambang batas yang semestinya, maka akan terjadi peristiwa "*biomagnifikasi*" terhadap biota perairan. Peristiwa ini dapat terjadi sebagai akibat dari telah terjadinya konsumsi Cu dalam jumlah yang berlebihan, sehingga tidak mampu dimetabolisme oleh tubuh (Palar,1994).

2.6 Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses pemisahan dimana komponen tertentu dari suatu fase fluida berpindah ke permukaan zat padat yang menyerap (adsorbent). Biasanya partikel-partikel kecil, zat penyerap ditempatkan dalam suatu hamparan tetap kemudian fluida dialirkan melalui hamparan tersebut sampai zat padat itu mendekati jenuh dan proses pemisahan yang dikehendaki tidak dapat berlangsung lagi.

Adsorpsi biasanya dapat dijelaskan dari tegangan permukaan suatu zat padat. Molekul-molekul yang ada dalam zat padat mendapat gaya-gaya yang tidak sama, sehingga untuk mengimbangi gaya-gaya bagian dalam maka molekul-molekul, biasanya gas atau liquid menjadi tertarik ke permukaan. Gaya ini relatif rendah dan disebut gaya Van der Waals.

Dalam peristiwa adsorpsi, zat-zat yang tertarik pada permukaan zat padat disebut dengan adsorbat, sedangkan adsorbent adalah suatu adsorber dalam suatu peristiwa adsorpsi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi :

1. Sifat fisik dan kimia adsorbent, seperti luas permukaan, ukuran pori, komposisi kimia
2. Sifat fisik dan kimia adsorbat, seperti polaritas molekul, ukuran molekul, komposisi kimia
3. Konsentrasi adsorbat pada fase liquid
4. Sifat fase liquid seperti pH dan temperature
5. Sifat fase gas seperti temperature dan tekanan
6. Waktu kontak antara adsorbat dengan adsorbent

➤ Adsorpsi fase cair

- a. Decoloring, drying atau degguming dari minyak, pelumas, solvent organik, minyak nabati maupun hewani.
- b. Recovery biologi kimiawi (antibiotic, vitamin, aroma) dari fermentasi
- c. Klarifikasi produk makanan dan minuman
- d. Pewarnaan gula sirup
- e. Pemurnian limbah
- f. Pemisahan aromatik isomeri dengan hidrokarbon alifatik.

- Adsorpsi fasa gas
 - a. Drying gas
 - b. Purifikasi dan sirkulasi udara dari racun

2.7 Regenerasi Kitosan

Pemanfaatan teknologi adsorpsi untuk menghilangkan logam bergantung pada kemampuan regenerasi adsorben setelah logam didesorpsi. Desorpsi merupakan kebalikan dari proses adsorpsi. Desorpsi adalah proses pelepasan kembali adsorbat (spesi-spesi logam yang telah berikatan dengan sisi aktif permukaan mikroorganisme) dari adsorben ke dalam suatu larutan.

Untuk kepentingan dunia industri, beberapa parameter yang menentukan efektif atau tidaknya suatu proses biosorpsi sebagai salah satu alternatif pengolahan limbah logam berat antara lain adalah kapasitas serapan maksimum dari biosorben, efisiensi dan selektifitas serta tingkat kemudahan pengambilan kembali logam (recovery) dari biosorben. Teknik recovery logam berdasarkan rusak dan tidaknya suatu biosorben dibedakan menjadi dua:

1. Teknik recovery yang non destruktif yaitu teknik recovery yang tidak menimbulkan kerusakan pada sel biosorben dengan harapan biomassa yang telah lepas dari logam serapannya dapat digunakan kembali untuk mengikat logam.
2. Teknik recovery yang destruktif, merupakan teknik recovery yang merusak sel-sel biosorben yang didesorpsi. Jadi biomassa yang telah bebas dari ion logam serapannya tidak dapat digunakan untuk menyerap ion logam yang baru. Misalnya desorpsi dengan cara pembakaran, pelarutan dengan asam atau basa kuat yang pekat.

Proses biosorpsi yang tidak tergantung pada metabolisme umumnya bersifat reversibel dan dapat didesorpsi dengan metode non destruktif menggunakan prinsip yang mirip dengan proses pertukaran ion. Metode ini lebih menguntungkan karena lebih efektif dan ekonomis. Untuk tujuan ini diperlukan agen pendesorpsi yang

mampu menyerap logam dan meregenerasi material biosorben. Agen pendesorpsi ini harus:

- a) Dapat mengambil logam dari biosorben.
- b) Dapat memulihkan biosorben hingga mendekati kondisi awalnya.
- c) Tidak menyebabkan kerusakan atau perubahan fisik pada biosorben.

Regenerasi biosorben dapat dilakukan dengan mencuci biosorben dengan larutan yang sesuai, jenis dan kekuatan larutan bergantung pada pengikatan atau pengendapan logam. Larutan asam mineral encer dapat digunakan untuk mendesorpsi logam dari biosorben. Sedangkan proses biosorpsi yang tergantung pada metabolisme umumnya bersifat irreversibel dan dapat didesorpsi dengan metode destruktif. Misalnya saja penggunaan EDTA, KCN, NH_4OH , dan KHCO_3 dapat merusak material biosorben yang ditunjukkan dengan adanya perubahan warna pada biosorben (Ilana Aldor, 2000).

2.8 Model Kinetika

1. Persamaan kecepatan reaksi orde satu semu Lagergren

Persamaan umum:

$$\frac{dq}{dt} = k_{s1} (q_{eq} - q) \quad (1)$$

di mana:

q_{eq} : jumlah material yang teradsorpsi per unit berat adsorban pada keseimbangan (mmol/g)

q : jumlah material yang teradsorpsi per unit berat adsorban pada waktu t (mmol/g)

k_{s1} : konstanta kecepatan adsorpsi orde satu semu (l/min)

Setelah dilakukan integrasi dengan kondisi batas, untuk $t=0$, $q=0$ bentuknya menjadi:

$$\log(q_{eq} - q) = \log(q_{eq}) - \frac{k_{s1}}{2,303} t \quad (2)$$

2. Persamaan kecepatan orde dua semu

Jika kecepatan adsorpsi adalah mekanisme orde dua, maka persamaan kinetika kecepatan *chemisorptions* orde dua semu dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{dq}{dt} = k(q_{eq} - q)^2 \quad (3)$$

Di mana:

k : konstanta kecepatan adsorpsi orde dua semu (g/ mmol min)

Pengintegrasian persamaan (6) dengan kondisi batas $t=0$, $q=0$ didapat:

$$\frac{t}{q} = \frac{1}{kq_{eq}^2} + \frac{1}{q_{eq}} t \quad (4)$$

Intersept dari linearisasi persamaan kecepatan orde dua semu adalah konstanta kecepatan orde dua, k .

Pada percobaan adsorpsi ini menggunakan persamaan reaksi orde reaksi satu dan dua. Dimana reaksi orde satu dengan persamaan

$\log(q_{eq} - q) = \log(q_{eq}) - \frac{k_{s1}}{2,303} t$ dan reaksi orde dua dengan persamaan

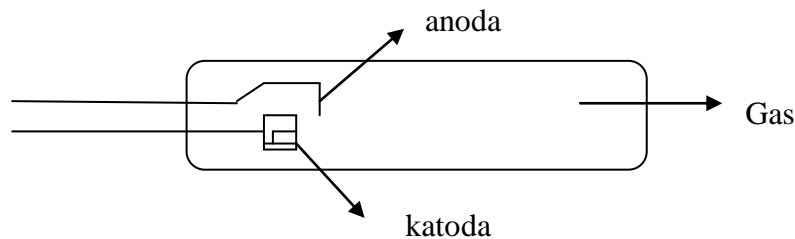
$$\frac{t}{q} = \frac{1}{kq_{eq}^2} + \frac{1}{q_{eq}} t .$$

Untuk kedua persamaan orde reaksi data yang dibutuhkan adalah konsentrasi logam yang terserap (q) dan konsentrasi logam yang terserap pada saat setimbang (q_{eq}). Pada saat percobaan kitosan dimasukkan dalam larutan tembaga dan larutan khromium. Sebelum mengalami pengadukan, menghitung terlebih dahulu konsentrasi awal larutan dengan metode AAS. Setelah itu, menghitung konsentrasi larutan tiap rentang waktu 60 menit selama enam jam. Dari data konsentrasi larutan tersebut

dapat diketahui besarnya konsentrasi logam yang terjerap oleh kitosan yaitu selisih antara konsentrasi awal dengan konsentrasi waktu yang diinginkan.

2. 9 Spektrofotometri Serapan Atom

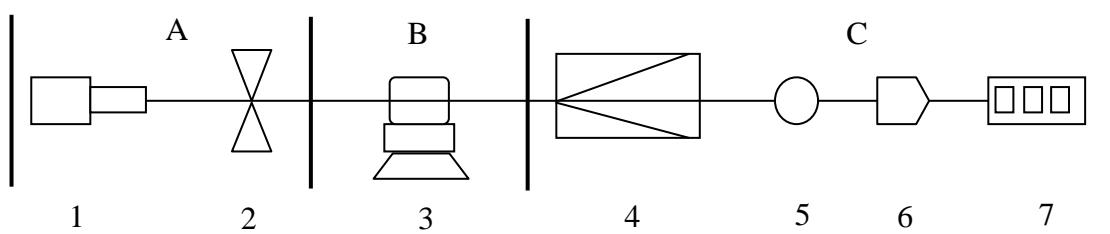
Spektrofotometri serapan atom adalah salah satu metode analisis yang memiliki kepekaan, kecermatan, dan selektifitas yang cukup tinggi. Metode ini didasarkan pada penyerapan radiasi gelombang elektromagnetik, yang dipancarkan dari suatu sumber radiasi oleh suatu medium, yang terdiri atas atom-atom bebas yang berada pada tingkat energi dasar dari unsure yang dianalisis. Radiasi gelombang elektromagnetik umumnya dapat diperoleh dari lampu katoda rongga (Hollow cathode Lamp).



Gambar 2.5 Tampang Lintang Lampu Katoda Rongga

Katoda dibuat dari logam yang sama dengan unsur yang dianalisis, berbentuk cekung dan anoda dibuat dari wolfram. Kedua elektroda ini ditempatkan dalam suatu bejana kaca tertutup berbentuk silinder berisi gas mulia (He, Ne atau Ar) dan bertekanan rendah 2-3 mmHg, jendela terbuat dari kwarsa. Tiga bagian pokok pada peralatan AAS yaitu :

- a. Sumber radiasi, untuk menghasilkan sinar yang diperlukan
- b. Sistem pengatoman, untuk menghasilkan atom-atom bebas.
- c. Sistem monokromator, deteksi dan pembawaan.

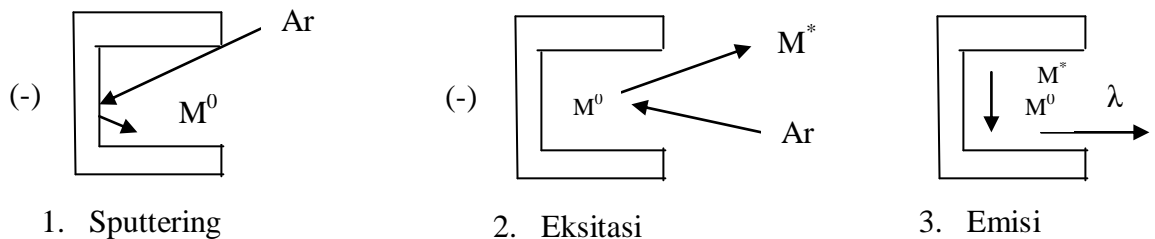


Gambar 2.6 Tampang Aliran Eksekusi dalam Spektrofotometer Serapan Atom

Keterangan :

- | | | | |
|----|-------------------|----|-------------------|
| A. | Sumber sinar | 3. | Tempat pengatoman |
| B. | Sistem pengatoman | 4. | Monokromator |
| C. | Data yang keluar | 5. | Detektor |
| 1. | Lampu katoda | 6. | Amplifier |
| 2. | Chapper | 7. | Pencatat |

Proses yang terjadi pada lampu katoda rongga dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.7 Proses pada Lampu Katoda Rongga

Kedua elektroda diberi tegangan yang cukup tinggi yaitu 300-500 volt dengan arus listrik sebesar 1-50 mA. Karena adanya arus listrik bertegangan tinggi ini, maka atom-atom gas mulia disekitar anoda akan terionisasi menjadi bermuatan positif dan

dengan kecepatan yang sangat tinggi tertarik ke arah katoda. Benturan antar ion gas dengan katoda akan menyebabkan terpentalnya atom-atom dari katoda.

Benturan lebih lanjut dari ion gas mulia dengan atom-atom yang terpental akan mengakibatkan tereksitasinya atom-atom tersebut. Disini berlaku hukum emisi atom yang menyatakan bila atom mempunyai kelebihan tenaga elektronik maka akan melepaskan kembali tenaganya berupa sinar dengan panjang gelombang yang karakteristik. Dengan demikian sinar lampu katoda rongga ini mempunyai spectrum yang spesifik sesuai dengan jenis logam katodanya.

Untuk memperoleh atom-atom pada tingkat energi dasar, dilakukan proses pengatoman dengan cara pemanasan, cara ini banyak dilakukan dalam analisis. Teknik pemanasan dengan pemanfaatan nyala api dilakukan dengan menyemprotkan larutan yang dianalisis ke dalam suatu nyala api tertentu.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

3.1.1 Penetapan Variabel

a. Proses Deproteinasi

Variabel Tetap

- Suhu : 60⁰C
- Pengadukan : konstan 700 rpm
- Rasio cangkang :NaOH: 1 : 10 (gram/ml)
- Waktu : 120 menit
- Konsentrasi NaOH : 1 M

b. Proses Demineralisasi

Variabel Tetap

- Suhu : 30⁰C
- Pengadukan : konstan 700 rpm
- Rasio cangkang : HCl : 1 : 10 (gram/ml)
- Waktu : 60 menit
- Konsentrasi HCl : 1 M

c. Proses Deasetilasi

Variabel Tetap

- Suhu : 90⁰C
- Pengadukan : konstan 700 rpm
- Rasio kitin : NaOH : 1 : 15 (gram/ml)
- Waktu : 60 menit
- Konsentrasi NaOH : 1 M

d. Proses Adsorpsi

Variabel Tetap

- Suhu : suhu kamar
- Pengadukan : konstan 700 rpm
- Volume Limbah : 1000 ml
- pH : netral

Variabel Berubah

- Berat kitosan : 10 ; 20 gr
- Ukuran kitosan : 0,85 mesh
- Waktu adsorpsi : 0, 15, 30, 45, 60, 120, 180, 240, 300, 360 menit

3.1.2 Respon/Pengamatan

Respon atau pengamatan adalah kandungan nitrogen dari kitosan, yang menunjukkan banyaknya N yang dapat dihilangkan dengan analisis FTIR, dan analisis kadar logam khromium dan tembaga dengan AAS.

3.1.3 Bahan dan Alat yang Digunakan

A. Bahan yang Digunakan

1. Cangkang Kepiting
2. Limbah buatan berupa larutan Cr
3. Limbah buatan berupa larutan Cu
4. HCl 1 M
5. NaOH 1 M
6. Natrium Borax
7. Indikator PP
8. Indikator MO
9. Aquadest
10. NaOCl
11. CuSO₄

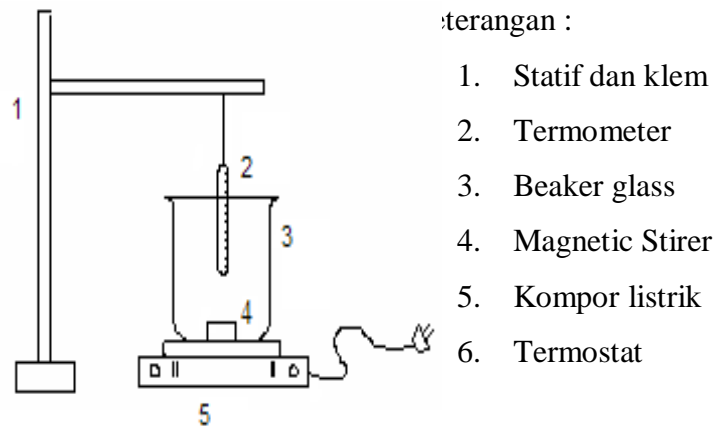
12. H₂SO₄

B Alat yang Digunakan

1. Beaker Gelas
2. Erlenmeyer
3. Gelas Ukur
4. Magnetic Stirrer
5. Pipet
6. Termometer
7. Labu Takar
8. Labu destilasi
9. Corong Pemisah
10. Statif dan klem

3.1.4 Gambar Alat

A. Rangkaian Alat Proses Demineralisasi, Deproteinisasi, Deasetilasi dan Adsorpsi Logam Berat



Gambar 3.1 Rangkaian Alat Proses Demineralisasi, Deproteinisasi, Deasetilasi dan Adsorpsi Logam Berat

B. Rangkaian Alat Proses FTIR



Gambar 3.2 Rangkaian Alat FTIR

C. Rangkaian Alat Proses AAS



Gambar 3.3 Rangkaian Alat AAS

3.1.5 Langkah Kerja

A. Persiapan Sampel

Cangkang kepiting dicuci dengan air mengalir untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang melekat dan dikeringkan dibawah sinar matahari selama 8-12 jam. Kemudian cangkang kepiting dibersihkan, dikeringkan, dan diayak sampai ukuran 0,85 mesh.

B. Pembuatan Kitin

⌘ Deproteinasi

1. Campur cangkang kepiting yang telah digiling/ dihaluskan (keadaan kering kemudian di blender) dengan larutan NaOH dalam beaker glass. Perbandingan cangkang kepiting : larutan NaOH 1 : 10 (gram/ml)

2. Aduk campuran dengan magnetic stirer konstan (700 rpm) sambil dipanasi dengan menggunakan kompor listrik sampai suhu 60 °C selama 120 menit.

3. Saring slurry dengan penyaring.

⌘ Pencucian dan pengeringan

1. Cuci endapan dengan menyemprotkan aquadest menggunakan pipet di dalam beaker glass sampai pH netral.

2. Saring endapan dengan penyaring.

3. Keringkan endapan dalam oven.

⌘ Demineralisasi

1. Campur sampel dengan larutan HCl 1 M dalam beaker glass. Perbandingan berat sampel : larutan HCl 1 M = 1 : 10 (gram/ml). Aduk campuran dengan magnetic stirer konstan (700 rpm) sambil dipanasi dengan menggunakan kompor listrik sampai suhu 30 °C, selama 60 menit.

2. Saring slurry dengan penyaring.

⌘ Pencucian dan pengeringan

1. Cuci endapan dengan menyemprotkan aquadest menggunakan pipet di dalam beaker glass sampai pH netral.

2. Saring dengan penyaring.

3. Keringkan endapan dalam oven, didapat chitin.

⌘ Decolorisasi

Endapan dicampur dengan larutan NaOCl 0,315 % vol selama 10 menit pada suhu kamar, dinetralkan sampai pH netral kemudian dikeringkan, sehingga diperoleh kitin yang lebih putih.

C. Deasetilasi

Endapan hasil proses-proses diatas dilanjutkan dengan proses deasetilasi, dimasukkan dalam larutan NaOH, diaduk dengan

pengadukan konstan. Larutan disaring, filtrat dibuang, serbuk dicuci dengan aquadest dan dikeringkan.

Proses pembuatan kitosan dari kitin disebut proses deasetilasi.

1. Kitin yang diperoleh ditambahkan NaOH dengan konsentrasi tertentu dengan perbandingan 15:1 (mL/g) dan dipanaskan pada suhu 90°C selama 60 menit, aduk dengan kecepatan konstan.
2. Endapan yang didapat kemudian dicuci sampai pH netral dengan HCl encer.
3. Kitosan kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C, kemudian ditimbang sampai berat konstan.
4. Kitosan yang didapat dianalisa dengan FTIR untuk mengetahui derajat deasetilasinya.

D. Evaluasi Derajat Deasetilasi

Analisa derajat deasetilasi (DD) menggunakan metoda FTIR :

- Chitosan yang dihasilkan dapat dianalisa % DD dengan metoda garis Moore dan Robert dengan menggunakan persamaan di bawah ini :

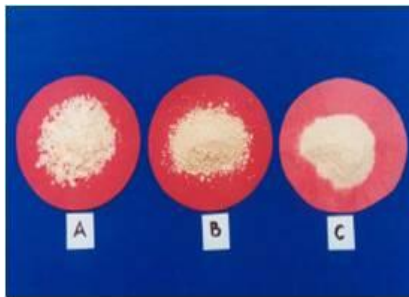
$$\% DD = 1 - \left(\frac{A_{3410}}{A_{1588}} \times \frac{1}{1.33} \right)$$

Dimana nilai

$A = \log (P_0/P) =$ Absorbansi

A_{3410} = absorbansi pada panjang gelombang 3410 cm^{-1} untuk serapan gugus hidroksi/ amin (-OH, -NH₂).

A_{1588} = absorbansi pada panjang gelombang 1588 cm^{-1} untuk serapan gugus asetamida (CH₃COONH-).



- A Kitosan Berbentuk Serpihan
- B Kitosan Berbentuk Butiran
- C Kitosan Berbentuk Serbuk

Gambar 3.4 Bentuk Kitosan

E. Penjerapan Cr dan Cu

Dilakukan dengan menambahkan kitosan ke dalam Erlenmeyer yang berisi limbah simulasi dengan variabel waktu. Variabel tetap adalah pH netral yang, serta rasio kitosan dengan limbah = 1: 100 (gram chitosan/ml limbah) pada suhu kamar dan pengadukan konstan. Selanjutnya suspensi disaring dan larutannya dianalisa kadar Cr sisa dengan UV-AAS.

F. Proses Regenerasi Kitosan

Proses regenerasi kitosan dilakukan melalui proses desorpsi dengan pengambilan kembali logam Cr dan Cu yang telah terjerap di dalam kitosan. Proses desorpsi ini menggunakan 500 ml larutan H_2SO_4 0,1 M untuk melarutkan 10 gram kitosan yang telah digunakan untuk menjerap Cr maupun Cu.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Kitin yang Diperoleh

Dari hasil penelitian, diperoleh bahwa kitin yang dapat dihasilkan dari cangkang kepiting mempunyai spesifikasi kadar air 6,47 % ; kadar abu 3,37% ; dan kadar nitrogen 7,35%. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa kitin yang telah diperoleh dari penelitian memenuhi baku mutu standar kitin dan dapat diolah lebih lanjut menjadi kitosan.

4.1.2 Kitosan yang Diperoleh

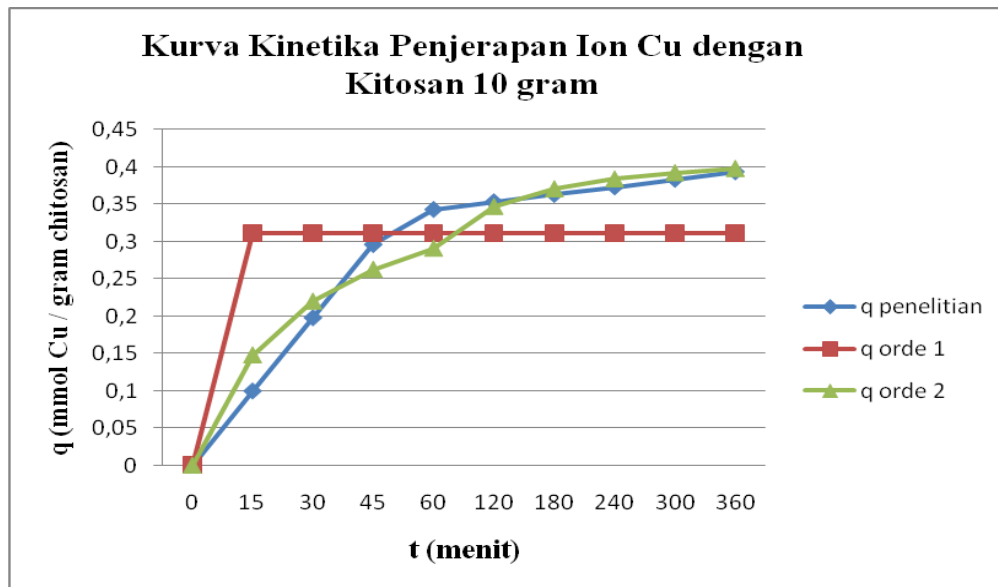
Hasil analisa kitosan, menunjukkan bahwa kitosan yang diperoleh dari hasil penelitian memiliki kadar air 3,52% ; kadar abu 1,92% ; kadar nitrogen 8,19% ; dan derajat deasetilasi sebesar 70,4%. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa kitosan yang telah diperoleh dari penelitian memenuhi baku mutu standar kitosan dan dapat digunakan pada proses selanjutnya. Kitosan yang telah dihasilkan digunakan sebagai adsorben untuk menyerap logam Cu dan Cr untuk kemudian dilakukan studi kinetika penjerapannya.

4.1.3 Pengaruh waktu adsorpsi terhadap kadar tembaga dan prosentase penjerapannya

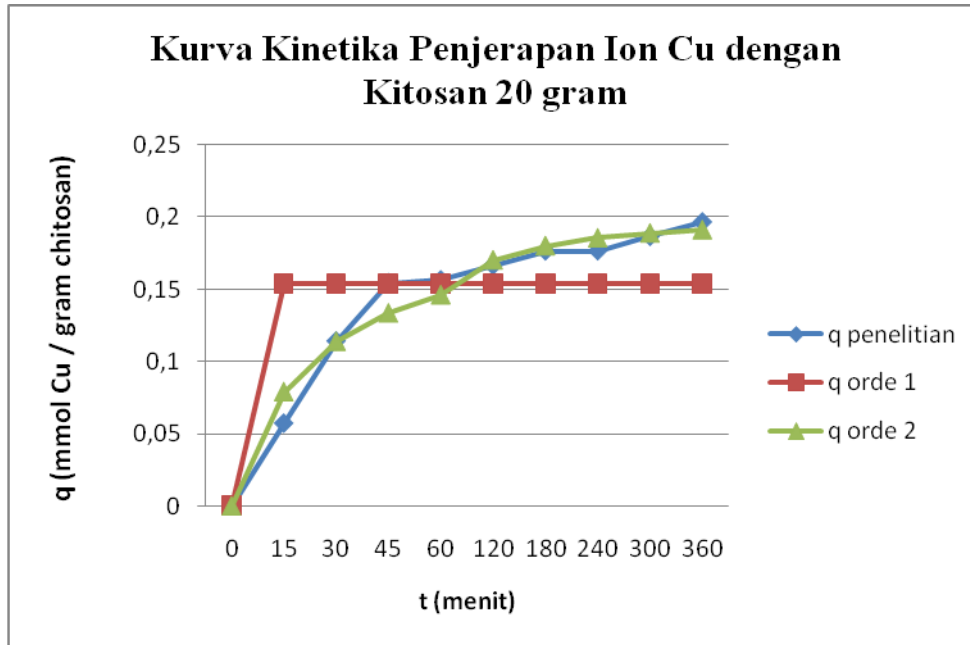
- a. Variabel 10 gram dan 20 gram kitosan untuk menyerap larutan Cu sebanyak 1 liter.

Tabel 4.1 Pengaruh waktu adsorpsi terhadap kadar tembaga untuk 10 gr kitosan/1liter dan 20 gr kitosan/1 liter larutan Cu

No.	Waktu adsorpsi (menit)	10 gram kitosan		20 gram kitosan	
		Kadar Cu (ppm)	% Penjerapan	Kadar Cu (ppm)	% Penjerapan
1.	0	250	0	250	0
2.	15	186,93	25,23	177,25	29,1
3.	30	124,62	50,15	104,83	58,07
4.	45	62,33	75,07	53,62	78,55
5.	60	0,77	99,69	0,34	99,86
6.	120	0,65	99,74	0,18	99,92
7.	180	0,63	99,75	0,17	99,93
8.	240	0,57	99,77	0,15	99,94
9.	300	0,53	99,78	0,13	99,95
10.	360	0,47	99,81	0,13	99,95



Gambar 4.1 Hubungan Waktu Adsorpsi dengan Penjerapan Cu menggunakan 10 gram Kitosan/1 liter larutan Cu.



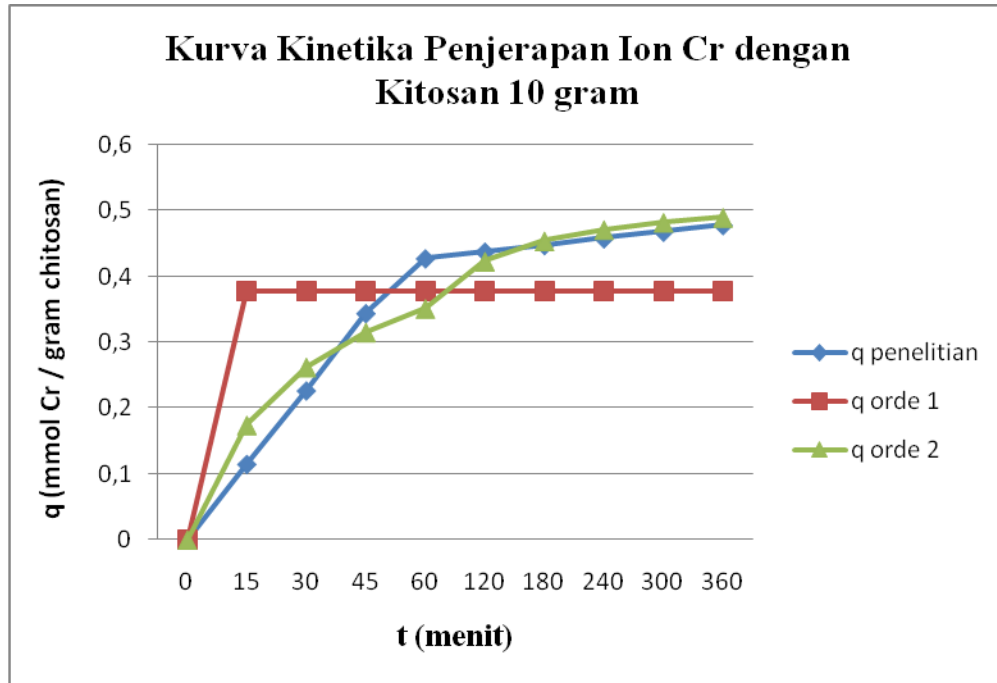
Gambar 4.2 Hubungan Waktu Adsorpsi dengan Penjerapan Cu menggunakan 20 gram Kitosan/1 liter larutan Cu.

4.1.4 Pengaruh waktu adsorpsi terhadap kadar khrom dan prosentase penjerapannya

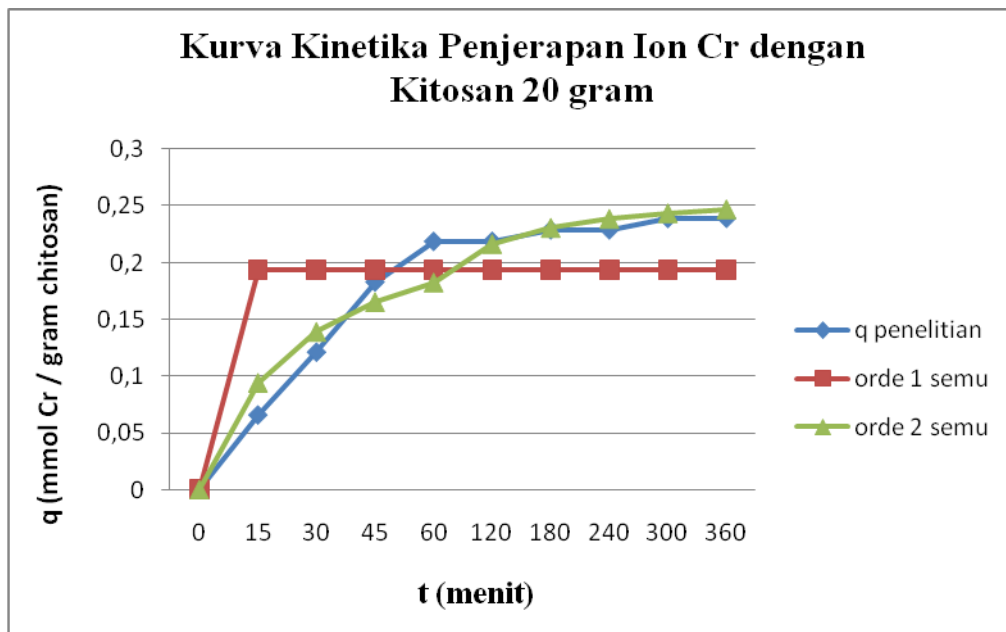
- a. Variabel 10 gram dan 20 gram kitosan untuk menyerap larutan khrom sebanyak 1 liter.

Tabel 4.2 Pengaruh waktu adsorpsi terhadap kadar khrom untuk 10 gr kitosan/1 liter dan 20 gr kitosan/1 liter larutan Cr

No.	Waktu adsorpsi (menit)	10 gram kitosan		20 gram kitosan	
		Kadar Cr (ppm)	% Penjerapan	Kadar Cr (ppm)	% Penjerapan
1.	0	250	0	250	0
2.	15	190,27	23,89	181,49	27,40
3.	30	132,15	47,14	123,85	50,46
4.	45	71,06	71,58	59,47	76,21
5.	60	1,77	99,29	1,34	99,46
6.	120	1,69	99,32	1,27	99,49
7.	180	1,63	99,35	1,25	99,50
8.	240	1,54	99,38	1,17	99,53
9.	300	1,49	99,40	1,06	99,58
10.	360	1,41	99,44	0,98	99,61



Gambar 4.3 Hubungan Waktu Adsorpsi dengan Penjerapan Cr menggunakan 10 gram Kitosan/1 liter larutan Cr.



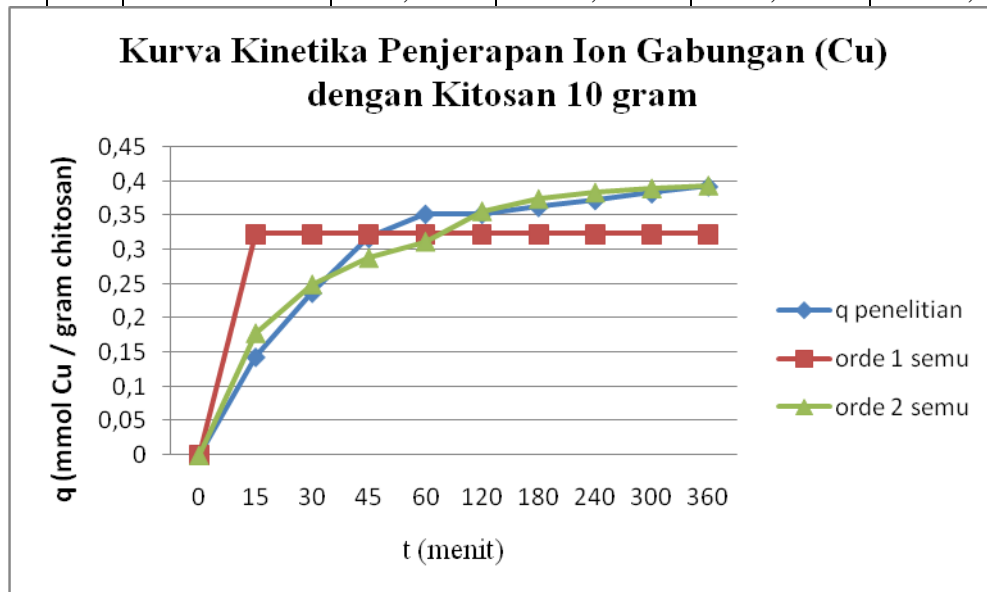
Gambar 4.4 Hubungan Waktu Adsorpsi dengan Penjerapan Cr menggunakan 20 gram Kitosan/1 liter larutan Cr.

4.1.5 Pengaruh waktu adsorpsi terhadap kadar khrom dan kadar tembaga (limbah gabungan) dan prosentase penjerapannya.

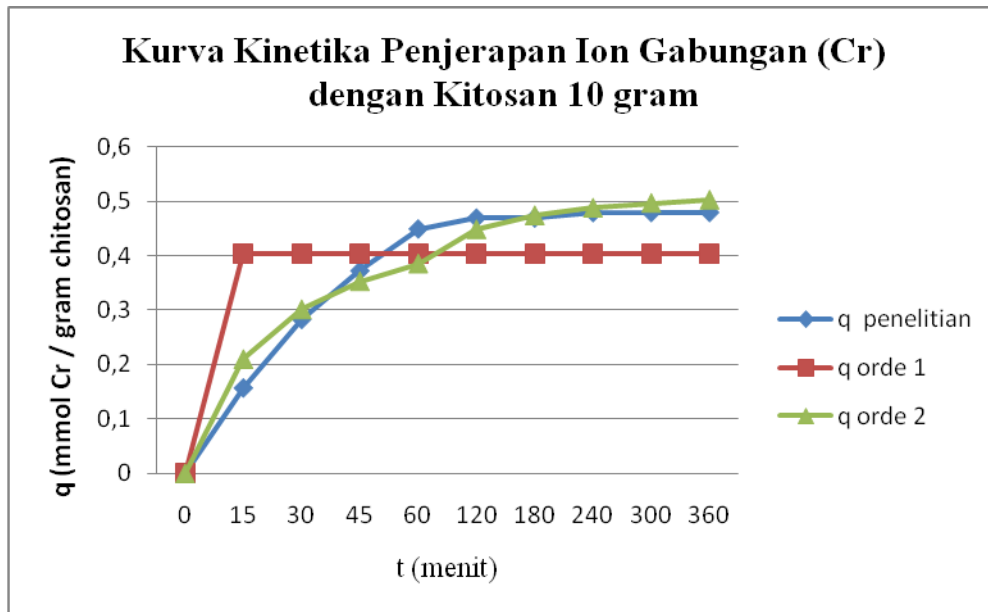
- a. Variabel 10 gram kitosan untuk menjerap larutan khrom dan larutan tembaga sebanyak 1 liter.

Tabel 4.3 Pengaruh waktu adsorpsi terhadap kadar khrom dan tembaga untuk 10 gr kitosan/1 liter larutan Cu dan Cr

No.	Waktu Adsorpsi (menit)	Khrom		Tembaga	
		Kadar (ppm)	% Penjerapan	Kadar (ppm)	% Penjerapan
1.	0	250	0	250	0
2.	15	168,26	32,7	158,91	36,44
3.	30	102,73	58,91	99,42	60,23
4.	45	56,19	77,52	48,64	80,54
5.	60	0,66	99,74	0,55	99,78
6.	120	0,61	99,76	0,53	99,79
7.	180	0,54	99,78	0,47	99,81
8.	240	0,51	99,79	0,44	99,82
9.	300	0,45	99,82	0,39	99,84
10.	360	0,43	99,83	0,37	99,85



Gambar 4.5 Hubungan Waktu Adsorpsi dengan Penjerapan Limbah Gabungan (Cu) menggunakan 10 gram Kitosan/1 liter larutan Cu dan Cr.

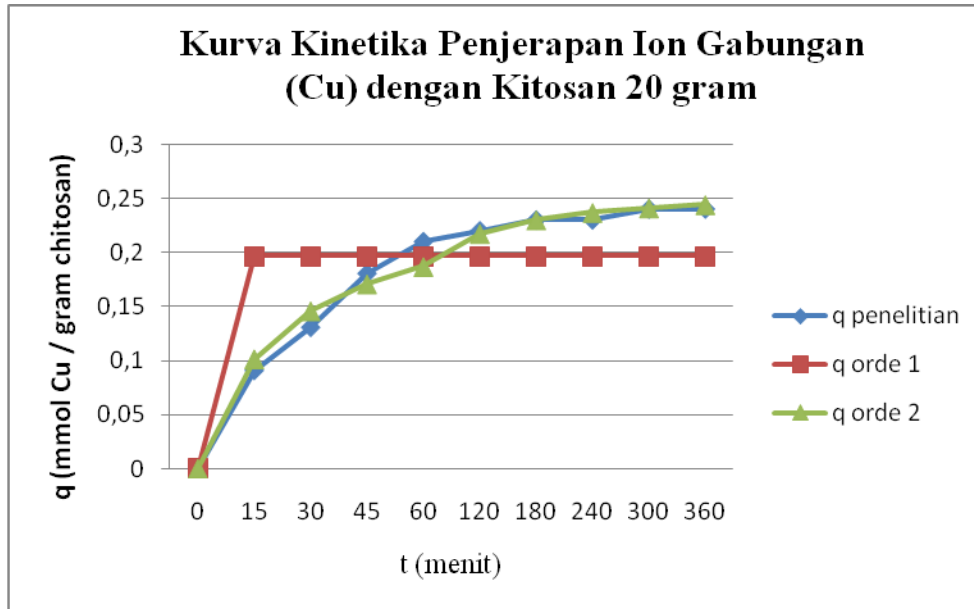


Gambar 4.6 Hubungan Waktu Adsorpsi dengan Penjerapan Limbah Gabungan (Cr) menggunakan 10 gram Kitosan/1 liter larutan Cu dan Cr.

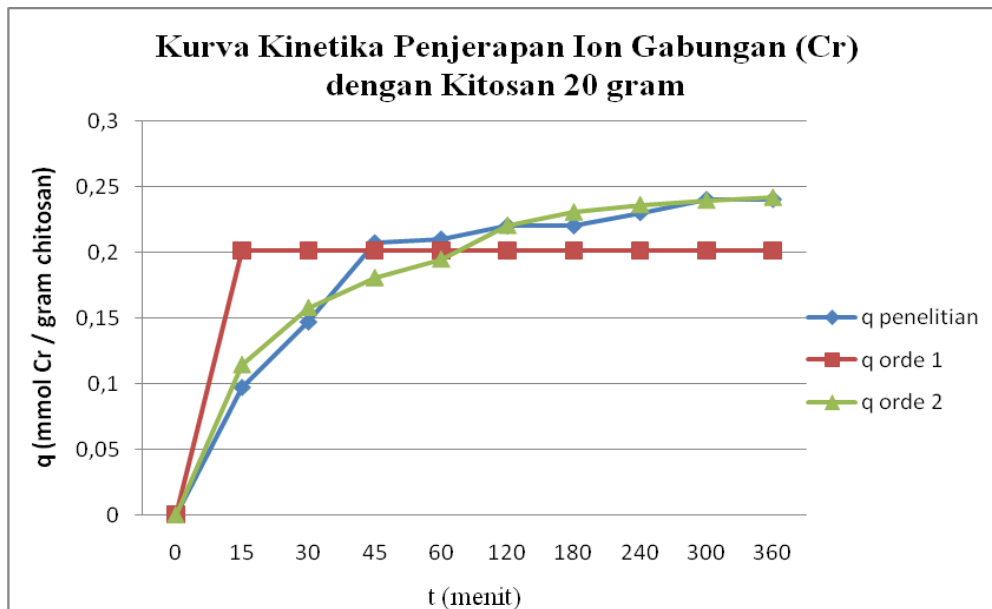
- b. Variabel 20 gram kitosan untuk menyerap larutan khrom dan larutan tembaga sebanyak 1 liter.

Tabel 4.4 Pengaruh waktu adsorpsi terhadap kadar khrom dan tembaga untuk 20 gr kitosan/1 liter larutan Cu dan Cr

No.	Waktu Adsorpsi (menit)	Khrom		Tembaga	
		Kadar (ppm)	% Penjerapan	Kadar (ppm)	% Penjerapan
1.	0	250	0	250	0
2.	15	149,17	40,33	134,68	46,13
3.	30	97,28	61,09	83,86	66,46
4.	45	34,61	86,16	20,53	91,78
5.	60	0,37	99,85	0,26	99,89
6.	120	0,32	99,87	0,22	99,91
7.	180	0,28	99,89	0,19	99,92
8.	240	0,23	99,91	0,17	99,93
9.	300	0.21	99,92	0,13	99,95
10.	360	0,18	99,93	0,11	99,96



Gambar 4.7 Hubungan Waktu Adsorpsi dengan Penjerapan Limbah Gabungan (Cu) menggunakan 20 gram Kitosan/1 liter larutan Cu dan Cr.



Gambar 4.8 Hubungan Waktu Adsorpsi dengan Penjerapan Limbah Gabungan (Cr) menggunakan 20 gram Kitosan/1 liter larutan Cu dan Cr.

4.1.6 Regenerasi Kitosan

Tabel 4.5 Hasil penggunaan pelarut H₂SO₄ terhadap ion logam berat (Cu dan Cr) selama 24 jam pengadukan

No.	Jenis Logam	Kadar awal (ppm)	Kadar setelah regenerasi (ppm)	% Penjerapan desorpsi
1.	Khromium	250 ppm	206,2 ppm	82,48 %
2.	Tembaga	250 ppm	229,38 ppm	91,75 %
3.	Khromium dan Tembaga (Limbah Gabungan)			
	a. Khromium	119,87	96,57 ppm	80,56 %
	b. Tembaga	118,63	97,48 ppm	82,17 %

4.2 Pembahasan

4.2.1 Pengaruh Waktu terhadap Pejerapan Kitosan

Dari hasil penelitian diperoleh hasil bahwa semakin lama waktu penjerapannya maka semakin banyak logam yang terjerap. Pada proses penjerapan logam baik logam Cu diperoleh besar prosentase penjerapan yang cenderung konstan setelah menit ke-60. Hal ini disebabkan hingga waktu adsorpsi 60 menit, kitosan masih aktif dan belum jenuh oleh logam Cu. Namun, setelah 60 menit, kitosan telah jenuh dan kemampuan mengikat logamnya pun berkurang. Setelah 60 menit, penurunan kadar Cu kecil sekali sehingga tidak efektif untuk dilakukan karena menjadi tidak ekonomis. Jadi waktu optimum adsorpsi larutan tembaga adalah 60 menit. Demikian pula dengan proses penjerapan logam Cr yang mencapai titik konstan setelah menit ke-60. Sehingga waktu optimum adsorpsi larutan khrom adalah 60 menit.

4.2.2 Pengaruh Berat Kitosan terhadap Penjerapan Logam

Dengan menggunakan AAS sebagai analisa awal kandungan logam berat tembaga (Cu) adalah 250 ppm. Untuk variable 1 ditambahkan kitosan seberat 10

gram selama 6 jam, sehingga kandungan logam berat pada larutan tembaga menjadi 0,47 ppm dengan prosentase penjerapan 99,81 %. Sedangkan bila penambahkan kitosan seberat 20 gram sisa kandungan logam menjadi 0,13 ppm dengan prosentase penjerapan 99,95 %.

Untuk larutan khrom (Cr) analisa awal sebesar 250 ppm, pada variabel 1 diperoleh kandungan logam berat sebesar 1,41 ppm dengan prosentase penjerapan 99,44 %. Sedangkan bila penambahkan kitosan seberat 20 gram sisa kandungan logam menjadi 0,98 ppm dengan prosentase penjerapan 99,61 %.

Dari hasil tersebut, diperoleh hasil bahwa kandungan logam berat tembaga (Cu) dan khrom (Cr) untuk penambahan kitosan 20 gram lebih banyak terjerap dibandingkan dengan penambahan kitosan seberat 10 gram. Hal ini dikarenakan semakin banyaknya jumlah kitosan maka semakin besar pula kemampuan mengikat ion-ion logam berat dan mengadsopsi bahan.

4.2.3 Pengaruh Jenis Logam terhadap Penjerapan Kitosan

Dari hasil analisa menggunakan AAS terlihat bahwa jenis logam tembaga (Cu) lebih mudah terserap dibandingkan dengan jenis logam khrom (Cr). Hal ini disebabkan karena jari-jari atom Cu lebih kecil daripada khrom (Cr). Dimana jari-jari atom Cu adalah 1,17 Å dan jari-jari atom Cr sebesar 1,18 Å. Daya jerap kitosan lebih besar pada logam yang memiliki jari-jari ion lebih kecil. Dimana semakin besar jari-jari atomnya maka semakin kecil harga energi ionisasinya sehingga semakin mudah suatu unsur untuk melepaskan elektron. Jika suatu unsur mudah melepaskan elektron maka kekuatan ikatan logamnya semakin kuat.

4.2.4 Perbandingan antara Larutan logam Individu dan Gabungan terhadap Daya Jerap Kitosan

Dari grafik terlihat bahwa daya jerap kitosan terhadap logam Cr dan Cu pada limbah gabungan lebih besar daripada limbah simulasi. Hal ini disebabkan pada saat proses, terjadi tumbukan antarlogam yang membuat jari-jari atom

logam menjadi lebih kecil. Semakin kecilnya jari-jari atom ini akan memperkecil ikatan logam sehingga kemampuan kitosan menyerap logam lebih besar.

4.2.5 Model Matematika

Dalam penelitian ini menggunakan dua persamaan model kinetika yakni pengujian dengan persamaan orde satu semu dan persamaan orde dua semu. Pada hasil persamaan orde satu semu lebih menunjukkan kelinieran kinetika penyerapan kitosan. Sedangkan pada pengujian dengan persamaan orde dua semu, data yang dihasilkan lebih cenderung mendekati pada data hasil penelitian. Dari data hasil penelitian diperoleh bahwa $SSE = 0.0011278$ pada persamaan orde dua semu cenderung lebih kecil dibanding pada orde satu semu. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kinetika penyerapan kitosan lebih tepat dengan persamaan orde dua semu.

4.2.6 Regenerasi Kitosan

Proses regenerasi kitosan untuk memperoleh kembali logam yang telah terjerap di dalam chitosan melalui proses desorpsi. Desorpsi merupakan proses pelepasan kembali ion atau molekul yang telah berikatan dengan gugus aktif pada adsorben. Proses ini menggunakan larutan H_2SO_4 sebagai zat pelarut. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa kemampuan H_2SO_4 0,1 M sebagai zat pelarut mampu menyerap kembali ion logam Cu dan Cr dari kitosan. Untuk ion logam Cr sebesar 82,48 % penyerapan, ion logam Cu sebesar 91,75 % penyerapan dan ion logam gabungan Cu dan Cr sebesar 81,37 %

BAB V

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil bahwa:

1. Derajat deasetilasi yang dihasilkan kitosan sesuai dengan standar baku kitosan yaitu sebesar 70,4%
2. Semakin banyak jumlah kitosan yang digunakan maka konstanta kecepatan penjerapan logam semakin besar.
3. Dalam program matlab terlihat bahwa kinetika penjerapan kitosan cenderung mendekati persamaan kinetika orde dua semu

Daftar Pustaka

- Mencalf, Leonard, "*Wastewater Engineering, Collection, Treatment, Disposal*" In series *Water Resources and Environment Engineering*, Mc Graw Hill Book Inc, US of America, 1972
- Muzzarelli, R.A.A., "*Chitin in the Polysaccharides*" vol 3, p.147. Aspinall (ed) Academic press Inc., Orlando, San Diego, 1985.
- Purwanto dan Syamsul Huda, "*Teknologi Industri Elektroplating*", Badan Penerbit Universitas Diponegoro Semarang, 2005
- R Schmuhl, HM Krieg and Keizer, "*Adsorption of Cu(II) and Cr(VI) ions by chitosan: Kinetics and equilibrium studies*", School for Chemistry and Biochemistry, Potchefstroom University for Chistian Higher Education, Potchefstroom 2531, South Africa, 2001.
- R.S. Vieira, E. Guibal *Adsorption and desorption of binary mixtures of copper and mercury ions on natural and crosslinked chitosan membranes*. Springer Science Business Media, LLC 2007
- Sag. Yesim, Aktay Yucel, Kinetic studies on sorption of Cr(VI) and Cu(II) ions by *Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Hacettepe University, 06532 Beytepe, Ankara, Turkey* Received 17 July 2001; accepted after revision 16 May 2002
- Srijanto, Bambang, "*Kajian Pengembangan Teknologi Proses Produksi Kitin dan Kitosan secara Kimiawi*", Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia, 2003
- www.wikipedia.com/sumber kitosan
- www.google.com/limbah tembaga
- Zakaria, Zainoha, "*Lactic Acid Purification of Chitin from Prawn Waste Using a Horizontal Rotating Bioreactor*", Doctoral Thesis, Loughborough University, 1997.

Lampiran 1

1. Gambar Proses Deproteinasi



2. Gambar Proses Demineralisasi



3. Gambar Proses Decolorisasi



4. Hasil Proses Demineralisasi Dilanjutkan Hasil Decolorisasi



5. Gambar Proses Deasetalisasi



6. Gambar Hasil Chitosan



7. Gambar Proses Adsorpsi



8. Hasil Adsorpsi Larutan Tembaga (Kitosan 10 gram dan 20 gram)



Keterangan : gambar atas = dengan berat kitosan 10 gram
gambar bawah = dengan berat kitosan 20 gram

9. Hasil Adsorpsi Larutan Khromium (Kitosan 10 gram dan 20 gram)



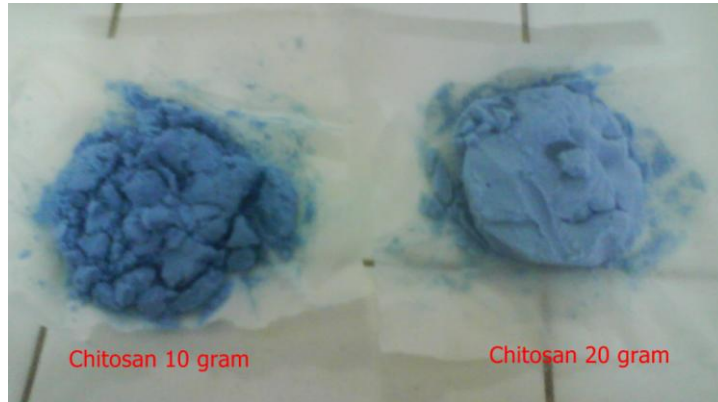
Keterangan : gambar atas = dengan berat kitosan 10 gram
gambar bawah = dengan berat kitosan 20 gram

10. Hasil Adsorpsi Limbah Gabungan



Keterangan : gambar atas = dengan berat kitosan 10 gram
gambar bawah = dengan berat kitosan 20 gram

11. Kitosan yang telah digunakan untuk menyerap Cu



12. Kitosan yang telah digunakan untuk menyerap Cr



13. Kitosan yang telah digunakan untuk menjerap limbah gabungan



14. Proses Regenerasi Kitosan



15. Kitosan Hasil Regenerasi



Lampiran 2

PERHITUNGAN ANALISA KITIN

1. Analisa Kadar Air

Berat cawan	: 51,894 gr
Berat sampel	: 1,9615 gr
Berat setelah dikeringkan	: 52,0209 gr
Kadar air	: $\frac{52,0209 - 51,894}{1,9615} \times 100\% = 6,47\%$

2. Analisa Kadar Abu

Berat cawan	: 12,1564 gr
Berat sampel	: 1,2481 gr
Berat setelah diabukan	: 12,2029 gr
Kadar abu	: $\frac{12,2029 - 12,1564}{1,2481} \times 100\% = 3,73\%$

3. Analisa Kadar Nitrogen

Massa sampel	: 1 gr = 1000 mg
Volume destilat	: 150 ml
Volume yang ditritasi	: 10 ml
Normalitas HCl	: 0,1 N

$$\begin{aligned} \text{Kadar nitrogen} &= \frac{(V \times N)_{\text{HCl}} \times BM \times \frac{V_{\text{destilat}}}{V_{\text{yang ditritasi}}}}{\text{massa sampel}} \times 100\% \\ &= \frac{(3,5 \times 0,1)_{\text{HCl}} \times 14 \times \frac{150}{10}}{1000} \times 100\% \\ &= 7,35\% \end{aligned}$$

PERHITUNGAN PEMBUATAN REAGEN

1. Proses Deproteinasi

Larutan NaOH 1 M, basis 1000 ml kadar NaOH teknis 90 %

$$\begin{aligned} \text{Massa NaOH} &= \frac{M_{NaOH} \times BM_{NaOH} \times \text{Volume Larutan}}{1000 \times \text{kadar NaOH}} \\ &= \frac{1 \times 40 \times 1000}{1000 \times 0,9} \\ &= 44,44 \text{ gr} \end{aligned}$$

44,44 gr NaOH dilarutkan dalam aquadest hingga 1000 ml

2. Proses Demineralisasi

ρ HCl = 1,16 gr/ml

kadar = 32 %

BM = 36,5 gr/mol

$$\begin{aligned} N &= \frac{\rho \times \text{kadar} \times 1000 \text{ml}}{BM} \\ &= \frac{1,16 \times 0,32 \times 1000}{36,5} \\ &= 10,17 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$$

$$V_1 \times 10,17 = 1000 \times 1$$

$$V_1 = 98,33 \text{ ml}$$

98,33 ml HCl dilarutkan dalam 1000 ml aquadest

3. Proses Decolorisasi

Larutan NaOCl 0,315 % volume, basis 1000 ml

$$\begin{aligned} \text{Volume NaOCl} &= 0,315 \% \times 1000 \\ &= 3,15 \text{ ml} \end{aligned}$$

3,15 ml NaOCl dilarutkan dalam aquadest hingga 1000 ml

4. Proses Adsorpsi Larutan Khromium

Larutan Khrom yang diambil dari industri elektroplating dengan konsentrasi 7.628 ppm

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$$

$$V_1 \times 7.628 = 1000 \times 250$$

$$V_1 = 32,77 \text{ ml}$$

Untuk membuat larutan Chrom 250 ppm maka 32,77 ml dilarutkan dalam 1000 ml aquadest

5. Proses Adsorpsi Larutan Tembaga

Larutan Tembaga yang diambil dari industri elektroplating dengan konsentrasi 11.260 ppm

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$$

$$V_1 \times 11.260 = 1000 \times 250$$

$$V_1 = 22,20 \text{ ml}$$

Untuk membuat larutan tembaga 250 ppm maka 22,20 ml dilarutkan dalam 1000 ml aquadest

6. Proses Regenerasi Kitosan

Pada proses regenerasi, kitosan dilarutkan dalam H_2SO_4

$$M = \frac{gr}{BM} \times \frac{1000}{1000ml} \times kadar$$

$$0,1 M = \frac{gr}{98,08} \times \frac{1000}{1000} \times 97\%$$

$$gr = 10,113 \text{ gram}$$

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$1,84 \text{ gr/ml} = \frac{10,113 \text{ gr}}{v}$$

$$v = 5,496 \text{ ml}$$

PERHITUNGAN ANALISA CHITOSAN

1. Analisa Kadar Air

Berat cawan : 28,6138 gr

Berat sampel : 2,5337 gr

Berat setelah dikeringkan : 50,0598 gr

Kadar air : $\frac{31,1475 - 31,0584}{2,5337} \times 100\% = 3,52\%$

2. Analisa Kadar Abu

Berat cawan : 11,0448 gr

Berat sampel : 1,5550 gr

Berat setelah diabukan : 12,1564 gr

Kadar abu : $\frac{12,5998 - 12,5699}{1,5550} \times 100\% = 1,92\%$

3. Analisa Kadar Nitrogen

Massa sampel : 1 gr = 1000 mg

Volume destilat : 150 ml

Volume yang ditritasi : 10 ml

Normalitas HCl : 0,1 N

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar nitrogen} &= \frac{(V \times N)HCl \times BM \ Nx \frac{V \text{ destilat}}{V \text{ yang ditritasi}}}{\text{massa sampel}} \times 100\% \\
 &= \frac{(3,9 \times 0,1)HCl \times 14x \frac{150}{10}}{1000} \times 100\% \\
 &= 8,19 \%
 \end{aligned}$$

4. Derajat Deasetilasi

$$A_{1588} = \log \frac{Po}{P} = \log \frac{9,1}{5,2} = 0,2430$$

$$A_{3410} = \log \log \frac{Po}{P} = \log \frac{8,7}{3,1} = 0,6173$$

$$\begin{aligned}
 DD &= \left[1 - \left(\frac{A_{1588}}{A_{3410}} \times \frac{1}{1,33} \right) \right] \times 100\% \\
 &= \left[1 - \left(\frac{0,2430}{0,6173} \times \frac{1}{1,33} \right) \right] \times 100\% \\
 &= 70,4 \%
 \end{aligned}$$

HASIL ANALISIS

No.: 1026/J07.1.28K/L/LKA/2009

Kode sample : -
Nama Pemesan : **Ajeng/Dina (T. Kimia UNDIP)**
Jenis sample : Cair Dan Padat
Jenis Uji/parameter : Cu,Cr,
Metode : AAS
Data :

a. Variabel 10 gram kitosan untuk menjerap larutan Cu sebanyak 1 liter.

No.	Waktu Adsorpsi (menit)	Kadar Cu (ppm)	% Penjerapan
1.	0	250	0
2.	15	186,93	25,23
3.	30	124,62	50,15
4.	45	62,33	75,07
5.	60	0,77	99,69
6.	120	0,65	99,74
7.	180	0,63	99,75
8.	240	0,57	99,77
9.	300	0, 53	99,78
10.	360	0, 47	99,81

b. Variabel 20 gram kitosan untuk menjerap larutan Cu sebanyak 1 liter.

No.	Waktu Adsorpsi (jam)	Kadar Cu (ppm)	% Penjerapan
1.	0	250	0
2.	15	177,25	29,1

3.	30	104,83	58,07
4.	45	53,62	78,55
5.	60	0,34	99,86
6.	120	0,18	99,92
7.	180	0,17	99,93
8.	240	0,15	99,94
9.	300	0,13	99,95
10.	360	0,13	99,95

c. Variabel 10 gram kitosan untuk menjerap larutan Crom sebanyak 1 liter.

No.	Waktu Adsorpsi (jam)	Kadar Cr (ppm)	% Penjerapan
1.	0	250	0
2.	15	190,27	23,89
3.	30	132,15	47,14
4.	45	71,06	71,58
5.	60	1,77	99,29
6.	120	1,69	99,32
7.	180	1,63	99,35
8.	240	1,54	99,38
9.	300	1,49	99,40
10.	360	1,41	99,44

d. Variabel 20 gram kitosan untuk menjerap larutan Crom sebanyak 1 liter.

No.	Waktu Adsorpsi (jam)	Kadar Cr (ppm)	% Penjerapan
1.	0	250	0

2.	15	181,49	27,40
3.	30	123,85	50,46
4.	45	59,47	76,21
5.	60	1,34	99,46
6.	120	1,27	99,49
7.	180	1,25	99,50
8.	240	1,17	99,53
9.	300	1,06	99,58
10.	360	0,98	99,61

e. Limbah Gabungan

Variabel 10 gram kitosan untuk menjerap larutan Crom dan larutan Cuprum sebanyak 1 liter.

No.	Waktu Adsorpsi (jam)	Chrom		Cuprum	
		Kadar (ppm)	% Penjerapan	Kadar (ppm)	% Penjerapan
1.	0	250	0	250	0
2.	15	168,26	32,7	158,91	36,44
3.	30	102,73	58,91	99,42	60,23
4.	45	56,19	77,52	48,64	80,54
5.	60	0,66	99,74	0,55	99,78
6.	120	0,61	99,76	0,53	99,79
7.	180	0,54	99,78	0,47	99,81
8.	240	0,51	99,79	0,44	99,82
9.	300	0,45	99,82	0,39	99,84
10.	360	0,43	99,83	0,37	99,85

Variabel 20 gram kitosan untuk menjerap larutan Crom dan larutan Cuprum sebanyak 1 liter.

No.	Waktu Adsorpsi (jam)	Chrom		Cuprum	
		Kadar (ppm)	% Penjerapan	Kadar (ppm)	% Penjerapan
1.	0	250	0	250	0
2.	15	149,17	40,33	134,68	46,13
3.	30	97,28	61,09	83,86	66,46
4.	45	34,61	86,16	20,53	91,78
5.	60	0,37	99,85	0,26	99,89
6.	120	0,32	99,87	0,22	99,91
7.	180	0,28	99,89	0,19	99,92
8.	240	0,23	99,91	0,17	99,93
9.	300	0,21	99,92	0,13	99,95
10.	360	0,18	99,93	0,11	99,96

Hasil ini hanya berlaku untuk sampel yang dikirim ke Lab Kimia Analitik Jur. Kimia FMIPA
Undip

Semarang, 04 Desember 2009
Kepala Lab.

Drs. Abdul Haris, M.Si.
NIP: 131 962 22