



**ADSORPSI Cu^{2+} MENGGUNAKAN KITOSAN *BEADS*
TERMODIFIKASI FORMALDEHIDA**

SKRIPSI

Oleh

**Maganda Ananda Kristi
NIM 111810301042**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2016**



**ADSORPSI Cu^{2+} MENGGUNAKAN KITOSAN *BEADS*
TERMODIFIKASI FORMALDEHIDA**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Kimia (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

Maganda Ananda Kristi
NIM 111810301042

JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2016

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ayahanda Kurniawan Kristantono dan Ibunda Esti Rahayu tercinta, terima kasih untuk doa, motivasi, dukungan, kasih sayang dan kesabaran yang tiada henti tercurahkan;
2. Adik Yank Nekmese Kristi Abdi Cahya dan keluarga besar yang senantiasa memberikan dukungan doa, motivasi dan semangat
3. Guru-guru di TKK Santa Maria, SDK Santo Yoseph, SMPN 1 Lumajang, dan SMAN 3 Lumajang serta dosen-dosen di Jurusan Kimia FMIPA UNEJ yang telah memberikan ilmu, mendidik, dan membimbing dengan penuh kesabaran;
4. Almamater tercinta Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTTO

“Segala sesuatu yang dijumpai tanganmu untuk dikerjakan, kerjakanlah itu sekuat tenaga, karena tak ada pekerjaan, pertimbangan, pengetahuan dan hikmat dalam dunia orang mati, ke mana engkau akan pergi”
(Pengkhotbah 9 ayat 10)^{*)}



^{*)} Gereja Advent Masehi Hari Ketujuh. 2002. *Alkitab dengan Penuntun Dasar Pemahaman Alkitab*. Jakarta: Lembaga Alkitab Indonesia

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Maganda Ananda Kristi

NIM : 111810301042

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Adsorpsi Cu^{2+} Menggunakan Kitosan *Beads* Termodifikasi Formaldehida” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 25 Oktober 2016

Yang menyatakan,



Maganda Ananda Kristi

NIM 111810301042

SKRIPSI

**ADSORPSI Cu^{2+} MENGGUNAKAN KITOSAN *BEADS*
TERMODIFIKASI FORMALDEHIDA**

Oleh

Maganda Ananda Kristi
NIM 111810301042

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dwi Indarti, S.Si., M.Si

Dosen Pembimbing Anggota : Tri Mulyono, S.Si., M.Si

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Adsorpsi Cu^{2+} Menggunakan Kitosan *Beads* Termodifikasi Formaldehida” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : **JUM'AT 28 OCT 2016**

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Tim Penguji;

Ketua (DPU),



Dwi Indarti, S.Si., M.Si
NIP. 197409012000032004

Sekretaris (DPA),



Tri Mulyono, S.Si., M.Si
NIP. 196810021998021002

Penguji I,



Dr. Donatus Setyawan P. H, S.Si., M.Si
NIP. 196808021994021001

Penguji II,



Ika Oktavianawati, S.Si., M.Si
NIP. 198010012003122001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember



Drs/ Sujito, Ph.D

NIP. 196102041987111001

RINGKASAN

Adsorpsi Cu^{2+} Menggunakan Kitosan *Beads* Termodifikasi Formaldehida;
Maganda Ananda Kristi, 111810301042; 2016: 39 halaman; Jurusan Kimia Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Adsorpsi merupakan salah satu metode yang sering digunakan untuk mengurangi kadar ion logam. Metode ini dapat mengurangi kadar ion logam berat dengan cara melekatkan ion logam pada suatu permukaan zat lain yang biasa disebut adsorben. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi adsorpsi antara lain adalah luas permukaan. Semakin luas permukaan, maka semakin banyak pula adsorbat yang dapat teradsorp. Penelitian ini difokuskan pada pembuatan kitosan *beads* dengan memodifikasi pori menggunakan zat porogen yaitu NaCl untuk memperbesar pori sehingga dapat memperluas permukaan dan juga menggunakan agen *crosslinker* untuk meningkatkan daya tahan kitosan *beads*. Penelitian ini memvariasi konsentrasi agen *crosslinker* yang digunakan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kemampuan adsorpsi kitosan *beads*. Agen *crosslinker* yang digunakan adalah formaldehida dengan variasi 23%, 30% dan 37%.

Proses pembuatan kitosan *beads* yaitu dengan menambahkan zat porogen untuk memperbesar pori dengan perbandingan kitosan: NaCl (1:1). Kitosan yang sudah ditambahkan NaCl selanjutnya ditambahkan formaldehida. Setelah gel homogen dilakukan pencetakan *beads* dengan meneteskan gel kitosan tersebut menggunakan *syringe* 12 mL ke dalam larutan NaOH. Larutan NaOH tersebut digunakan agar kitosan *beads* yang terbentuk dapat terkoagulasi. Setelah *beads* terkoagulasi, saring dan bilas dengan aquades hingga *beads* netral. Kitosan *beads* netral kemudian dikeringkan dengan suhu 110°C selama 1,5 jam. Kitosan *beads* yang sudah kering selanjutnya dikarakterisasi porositas dan gugus fungsinya. Kitosan *beads* juga diuji kemampuan

adsorpsinya terhadap Cu^{2+} untuk mengetahui kapasitas adsorpsi dari kitosan *beads* termodifikasi.

Hasil menunjukkan jumlah Cu^{2+} yang terserap semakin meningkat pada kenaikan waktu adsorpsi. Namun, pada waktu adsorpsi 120 - 180 menit jumlah Cu^{2+} yang terserap konstan. Hal ini menunjukkan bahwa pada waktu adsorpsi 120 – 180 menit merupakan waktu kesetimbangan. Hasil porositas kitosan *beads* + formaldehida 0%, kitosan *beads* + formaldehida 23%, kitosan *beads* + formaldehida 30% dan kitosan *beads* + formaldehida 37% masing – masing adalah 41,2%; 39,3%; 32,6%; 19,7%. Hasil karakterisasi ini menunjukkan, bahwa semakin banyak formaldehida yang ditambahkan, maka porositasnya semakin kecil. Hasil uji FTIR menunjukkan bahwa perbedaan spektra antara kitosan *beads* tanpa formaldehida dengan kitosan *beads tercrosslink* formaldehida hanya terletak pada panjang gelombang 1548 – 1660 cm^{-1} yang berubah menjadi satu peak pada kitosan *beads tercrosslink* formaldehida. Hasil kapasitas adsorpsi menunjukkan bahwa semakin banyak formaldehida yang ditambahkan, maka semakin kecil nilai kapasitas adsorpsinya. Nilai kapasitas adsorpsi kitosan *beads* + formaldehida 0%, kitosan *beads* + formaldehida 23%, kitosan *beads* + formaldehida 30% dan kitosan *beads* + formaldehida 37% berturut – turut adalah 29,41; 21,98, 20,20; 19,50 mg/g.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Adsorpsi Cu^{2+} Menggunakan KITOSAN Beads Termodifikasi Formaldehida”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Drs. Sujito, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
2. Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si, selaku ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
3. Dwi Indarti, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing Utama dan Tri Mulyono, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran, kasih sayang serta doa dan membimbing dengan penuh kesabaran dalam penulisan skripsi ini;
4. Dr. Donatus Setyawan Purwo Handoko, S.Si., M.Si selaku Dosen Penguji I dan Ika Oktavianawati, S.Si., M.Si selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktunya guna menguji, serta memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
5. Drs. Mukh. Mintadi, selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama menjadi mahasiswa;
6. Bapak dan ibu dosen-dosen FMIPA UNEJ, dan dosen-dosen Jurusan Kimia khususnya yang telah banyak memberikan ilmu dan pengetahuan;
7. Jefta Yanuar Randry, terima kasih atas semangat, perhatian, doa, dukungan dan kasih sayang yang telah diberikan;
8. Sahabat Putri, Rose, Qorry dan semua teman-teman angkatan 2011, terima kasih atas semangat, bantuan, saran, perhatian, dan kenangan yang telah diberikan;

9. Mas Rizkon, mbak rara dan teman – teman peneliti di laboratorium fisik terima kasih atas bantuan, saran, kerjasama dan kekompakannya;
10. Staff laboratorium kimia
11. Staff laboratorium CDAST
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi ilmu pengetahuan.

Jember, Oktober 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMBUNG.....	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
HALAMAN MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBING.....	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Adsorpsi	5
2.2 Kitosan	8
2.3 Modifikasi Kitosan <i>Beads</i>	10
2.4 Formaldehida	11
2.5 Logam Tembaga (Cu) dan Pengaruhnya	12
2.6 Spektrofotometer Serapan Atom.....	13

2.7 Spektroskopi FTIR	15
2.8 Porositas.....	16
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	18
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	18
3.2 Alat dan Bahan.....	18
3.2.1 Alat.....	18
3.2.2 Bahan	18
3.3 Diagram Alir Penelitian	19
3.4 Prosedur Penelitian.....	19
3.4.1 Preparasi Bahan	19
3.4.2 Pembuatan <i>Beads</i> Kitosan Termodifikasi Formaldehida.....	20
3.4.3 Pembuatan Kurva Kalibrasi	21
3.4.4 Penentuan Laju Adsorpsi Kitosan <i>Beads</i> Termodifikasi Formaldehida.....	21
3.4.5 Penentuan Kapasitas Adsorpsi	21
3.4.6 Uji Karakteristik	22
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1 Kitosan <i>Beads</i>	24
4.2 Pengaruh Waktu terhadap Jumlah Cu^{2+} yang Teradsorp	26
4.3 Pengaruh Konsentrasi Formaldehida terhadap Kapasitas Adsorpsi	27
4.4 Pengaruh Konsentrasi Formaldehida terhadap Porositas.....	31
4.5 Analisa Gugus Fungsi Kitosan <i>Beads</i> dengan FTIR.....	33
BAB 5. PENUTUP.....	36
5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN.....	40

DAFTAR TABEL

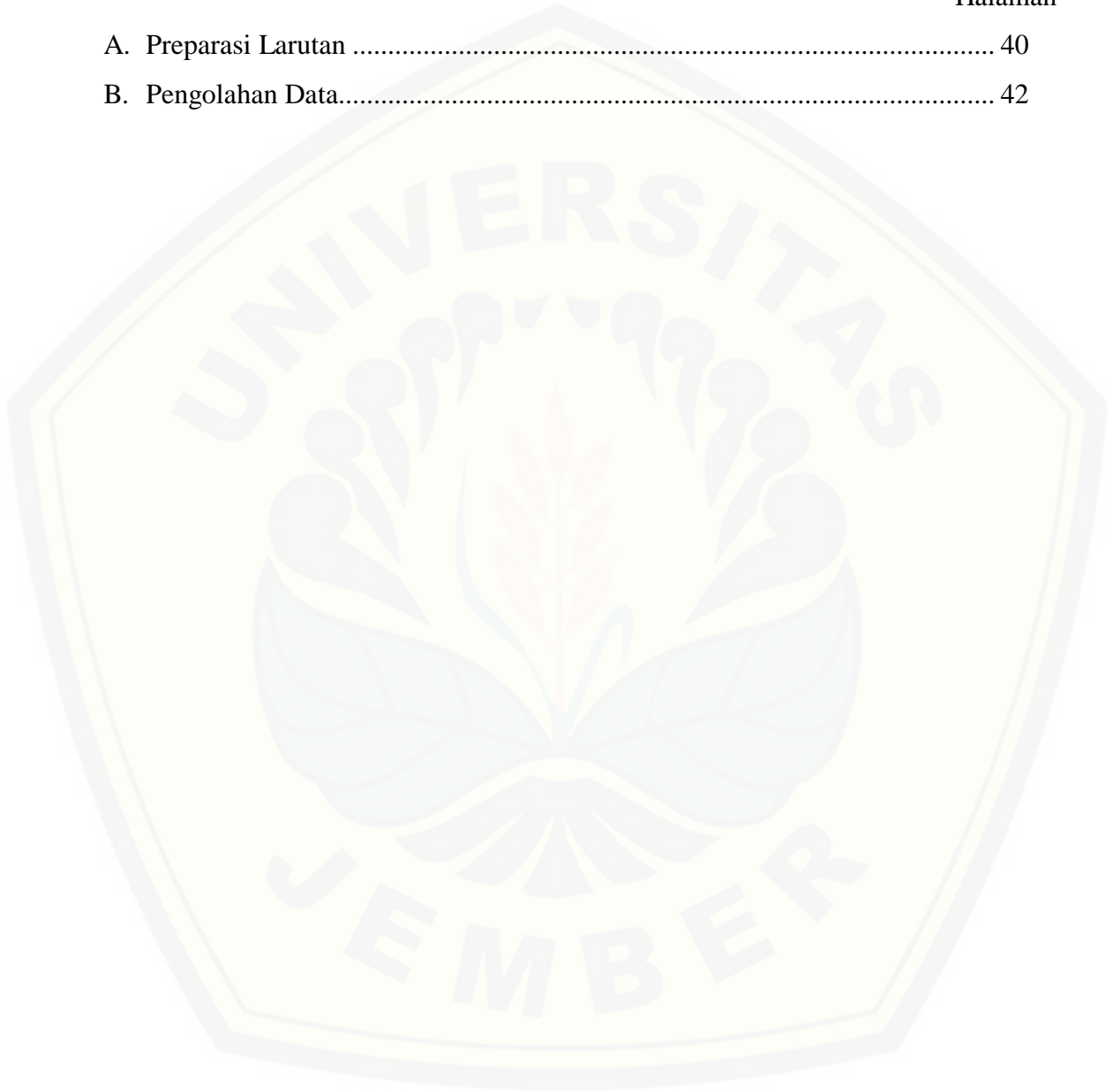
	Halaman
4.1 Diameter Kitosan <i>Beads</i>	26
4.2 Hasil Orde Reaksi	27
4.3 Kemampuan Adsorpsi Kitosan <i>Beads</i>	28
4.4 Hasil Plot Persamaan Langmuir dan Freundlich.....	30
4.5 Hasil Kapasitas Adsorpsi	30
4.6 Hubungan Konsentrasi Formaldehida terhadap Porositas dan Densitas <i>Beads</i>	32
4.7 Serapan FTIR Kitosan dan Kitosan Terikat Silang.....	34

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Grafik Isoterm Adsorpsi Langmuir.....	7
2.2 Grafik Isoterm Adsorpsi Freundlich	8
2.3 Struktur Kitosan	9
2.4 Mekanisme Reaksi Ikatan pada Kitosan <i>Beads Tercrosslink</i> Formaldehida	10
2.5 Struktur Formaldehida	11
2.6 Spektrum Infra Merah Kitosan	16
4.1 Mekanisme Protonasi Gugus Amino Kitosan Dan Asam Asetat.....	24
4.2 (a) Gel Kitosan (b) Proses Pencetakan <i>Beads</i>	25
4.3 (a) <i>Beads</i> Kitosan Tanpa Formaldehida (b) <i>Beads</i> Kitosan Formaldehida 23% (c) <i>Beads</i> Kitosan Formaldehida 30% (d) <i>Beads</i> Kitosan Formaldehida 37%	25
4.4 Grafik q_e vs Waktu Kitosan <i>Beads</i> + Formaldehida 37%	26
4.5 Ikatan Antara Ion Logam Dengan Kitosan	28
4.6 Perbandingan Jumlah Cu^{2+} yang Terserap pada Kitosan <i>Beads</i> + Formaldehida 0%, 23%, 30% dan 37%	29
4.7 Kitosan <i>Beads Tercrosslink</i> Formaldehida	31
4.8 Porositas dan Densitas	32
4.9 Hasil Uji FTIR Dengan Perbesaran Skala.....	35

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Preparasi Larutan	40
B. Pengolahan Data.....	42



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Upaya penghilangan logam berat dalam air sangat diperlukan untuk meningkatkan mutu atau kualitas air. Adsorpsi merupakan salah satu metode yang sering digunakan untuk mengurangi kadar ion logam. Metode ini dapat mengurangi kadar ion logam berat dengan cara melekatkan ion logam pada suatu permukaan zat lain yang biasa disebut adsorben. Kitosan merupakan salah satu contoh senyawa yang dapat dijadikan sebagai adsorben logam berat. Kitosan dapat digunakan sebagai adsorben logam berat karena pada struktur kitosan terdapat gugus amina ($-NH_2$) dan gugus hidroksil ($-OH$) yang dapat berikatan koordinasi dengan logam berat (Dalida *et al*, 2010).

Kemampuan adsorpsi kitosan dapat ditingkatkan dengan meningkatkan porositas dan menurunkan kristalinitas. Peningkatan porositas dengan memperbesar pori akan memperluas permukaan sehingga afinitas adsorpsi meningkat. Kitosan dalam bentuk *beads* adalah salah satu cara untuk memperluas permukaan sedangkan modifikasi porositas dengan menggunakan NaCl adalah salah satu cara untuk memperbesar pori (Siswati, 2014). Penggabungan modifikasi porositas *beads* akan memperluas permukaan dan memperbesar pori sehingga dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi dari kitosan.

Modifikasi porositas dan *beads* akan membuat resistensi kitosan menurun terhadap larutan asam organik seperti asam format dan asam asetat (Sukardjo, 2011). Oleh karena itu, diperlukan modifikasi kitosan dengan penambahan agen ikat silang (*crosslinking agent*) sehingga mampu menstabilkan kitosan pada kondisi asam sehingga kitosan tidak mudah rusak serta dapat meningkatkan resistensinya terhadap mikrobiologi dan degradasi biokimia (Nugroho *et al*, 2011). Formaldehida akan menjembatani kitosan dengan kitosan dari gugus $-NH_2$, sehingga strukturnya akan lebih kuat. Agen ikat silang yang biasa digunakan adalah glutaraldehida, epiklorohidrin, monosodium fosfat, formaldehida dan masih banyak lagi. Penelitian ini

memilih menggunakan formaldehida sebagai agen ikat silang karena strukturnya sederhana sehingga lebih mudah menggunakannya. Penggunaan formaldehida sebagai *crosslinker* dengan merendam *beads* yang sudah dicetak ke dalam larutan formaldehida akan membuat ikatan antara kitosan dengan formaldehida di permukaan saja (Li *et al*, 2005). Penelitian ini menggunakan formaldehida sebagai *crosslinker* dengan mencampur formaldehida dengan kitosan sebelum dicetak. Pencampuran secara langsung dilakukan agar ikatan antara formaldehida dengan kitosan dapat terjadi secara efektif. Kitosan *beads* yang sudah *tercrosslink* dengan formaldehida akan diuji kemampuan adsorpsinya untuk mengetahui pengaruh kemampuan adsorpsi terhadap penambahan formaldehida.

Kitosan *beads* termodifikasi formaldehida akan dibandingkan dengan kitosan *beads* tanpa modifikasi formaldehida untuk mengetahui perbedaannya. Keduanya akan dianalisis kapasitas adsorpsi dan laju adsorpsi. Kapasitas adsorpsi merupakan kemampuan kitosan *beads* termodifikasi untuk mengadsorpsi logam tembaga (Cu). Laju adsorpsi merupakan suatu faktor yang menunjukkan kecepatan penyerapan adsorben terhadap adsorbatnya. Laju adsorpsi dapat dipengaruhi oleh suhu. Oleh karena itu analisis laju adsorpsi dilakukan pada suhu ruang. Modifikasi porositas kitosan *beads* termodifikasi formaldehida diharapkan dapat diaplikasikan sebagai adsorben logam berat Cu pada limbah perairan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh waktu adsorpsi terhadap jumlah adsorbat yang dapat diadsorpsi kitosan *beads* termodifikasi formaldehida?
2. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi formaldehida terhadap kapasitas adsorpsi kitosan *beads* termodifikasi?
3. Bagaimana pengaruh konsentrasi formaldehida terhadap porositas kitosan *beads* termodifikasi formaldehida?

4. Bagaimana perbedaan spektra IR kitosan *beads* tanpa formaldehida dengan kitosan *beads* termodifikasi Formaldehida?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Sumber ion Cu^{2+} dari $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
2. Jumlah adsorben yang digunakan dalam proses adsorpsi sebanyak 10 mg
3. Waktu interaksi *beads* kitosan dengan formaldehida adalah 2 jam pada suhu ruang
4. *Beads* dibuat dengan menggunakan *syringe* 12 mL
5. Perbandingan NaCl sebagai porogen pada kitosan sebesar 1 : 1 (g/g)

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh waktu adsorpsi terhadap kapasitas adsorpsi kitosan *beads* termodifikasi formaldehida
2. Mengetahui pengaruh variasi konsentrasi formaldehida terhadap kapasitas adsorpsi kitosan *beads* termodifikasi formaldehida
3. Mengetahui perbedaan porositas kitosan *beads* termodifikasi formaldehida dan tanpa formaldehida
4. Mengetahui perbedaan spektra IR porositas kitosan *beads* termodifikasi formaldehida dan tanpa formaldehida

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Dapat menjadi referensi pembuatan kitosan *beads* termodifikasi formaldehida
2. Dapat mengetahui aplikasi kitosan *beads* termodifikasi formaldehida

3. Dapat mengetahui kinetika adsorpsi logam Cu^{2+} pada kitosan *beads* termodifikasi formaldehida



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan terserapnya suatu zat (molekul atau ion) pada permukaan adsorben. Mekanisme penyerapan tersebut dapat dibedakan menjadi dua yaitu, penyerapan secara fisika (fisisorpsi) dan penyerapan secara kimia (kemisorpsi). Pada proses fisisorpsi gaya yang mengikat adsorbat oleh adsorben adalah gaya - gaya *van der Waals*. Proses kemisorpsi diawali dengan adsorpsi fisik, yaitu partikel-partikel adsorbat mendekat ke permukaan adsorben melalui gaya *van der Waals* atau melalui ikatan hidrogen. Adsorpsi kimia terjadi setelah adsorpsi fisika yaitu partikel melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia (biasanya ikatan kovalen), dan cenderung mencari tempat yang memaksimalkan bilangan koordinasi dengan substrat (Atkins, 1999). Metode adsorpsi ini merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menghilangkan zat pencemar dari air limbah.

Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi antara lain:

a) Waktu kontak dan pengocokan

Waktu kontak yang cukup diperlukan untuk mencapai kesetimbangan adsorpsi. Jika fase cair yang berisi adsorben dalam keadaan diam, maka difusi adsorbat melalui permukaan adsorben akan lambat. Maka diperlukan pengocokan untuk mempercepat adsorpsi.

b) Luas permukaan adsorben

Luas permukaan adsorben sangat berpengaruh terutama untuk tersedianya tempat adsorpsi. Luas permukaan adsorben semakin besar maka semakin besar pula adsorpsi yang dilakukan.

c) Kemurnian adsorben

Kemurnian adsorben dapat ditingkatkan melalui aktivasi. Adsorben buatan biasanya lebih sering digunakan daripada adsorben alam, karena kemurnian adsorben buatan lebih tinggi.

d) Ukuran molekul adsorbat

Ukuran molekul adsorbat menentukan batas kemampuannya melewati ukuran pori adsorben. Kecepatan adsorpsi menurun seiring dengan kenaikan ukuran partikel.

e) Temperatur

Reaksi pada adsorpsi biasanya yang terjadi secara eksotermis. Kecepatan adsorpsi akan naik pada temperatur yang lebih rendah dan akan turun pada temperatur lebih tinggi.

f) pH larutan

Pengaruh pH pada proses adsorpsi merupakan fenomena kompleks, antara lain menyebabkan perubahan sifat permukaan adsorben, sifat molekul adsorbat dan perubahan komposisi larutan.

g) Konsentrasi adsorbat

Adsorpsi akan meningkat dengan kenaikan konsentrasi adsorbat. Adsorpsi akan tetap jika terjadi kesetimbangan antara konsentrasi adsorbat yang diserap dengan dengan konsentrasi adsorben yang tersisa dalam larutan (Weber, 1972).

Jumlah zat yang diadsorpsi pada permukaan adsorben merupakan proses kesetimbangan. Awal reaksi merupakan peristiwa adsorpsi dimana peristiwa ini lebih dominan dibandingkan dengan peristiwa desorpsi, sehingga adsorpsi berlangsung cepat. Waktu tercapainya keadaan setimbang pada proses adsorpsi berbeda-beda. Hal ini dipengaruhi oleh jenis interaksi yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat (Hasrianti, 2012).

Adsorben yang baik memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi. Cara menentukan kapasitas adsorpsi dengan menggunakan persamaan 1 (Agustry *et al*, 2015) :

$$q = \left(\frac{C_o - C_e}{m} \right) x V \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

q = kapasitas adsorpsi (mg/g)

C_0 = konsentrasi awal larutan Cu^{2+} (mg/L)

C_e = konsentrasi akhir larutan Cu^{2+} setelah adsorpsi (mg/L)

V = volume larutan Cu^{2+} (mL)

m = massa kitosan *beads* termodifikasi (g)

Adsorpsi diikuti dengan pengamatan isotermal adsorpsi yaitu hubungan antara banyaknya zat yang teradsorpsi persatuan berat adsorben dengan konsentrasi zat terlarut pada temperatur tertentu atau tetap yang dinyatakan dengan kurva. Ada beberapa macam isoterm adsorpsi, antara lain:

a) Isoterm Adsorpsi Langmuir

Isoterm ini mengasumsikan jenis adsorpsinya adalah monolayer dan permukaan adsorpsi adalah homogen.

Persamaan Langmuir dituliskan dalam persamaan 2:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{K_1 \cdot q} + \frac{1}{q} C_e \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

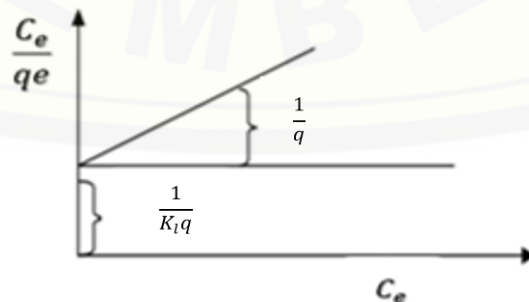
C_e = konsentrasi zat terlarut pada keadaan setimbang (mgL^{-1})

K_1 = konstanta langmuir

q_e = jumlah molekul adsorbat yang diserap per berat adsorben (mg/g)

q = kapasitas adsorpsi (mg/g).

Grafik $\frac{C_e}{q_e}$ terhadap C_e akan menghasilkan garis lurus dengan kemiringan (slope) $\frac{1}{q}$ dan intersep $\frac{1}{K_1 q}$ seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 (Zelentsov, 2012)



Gambar 2.1 Grafik Isoterm Adsorpsi Langmuir

b) Isoterm Adsorpsi Freundlich

Isoterm ini mengasumsikan jenis permukaan adsorpsi heterogen. Persamaan Freundlich dituliskan dalam persamaan 3:

$$\ln q_e = \ln K_f + \frac{1}{n} \ln C_e \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

C_e = konsentrasi zat terlarut pada keadaan setimbang (mgL^{-1})

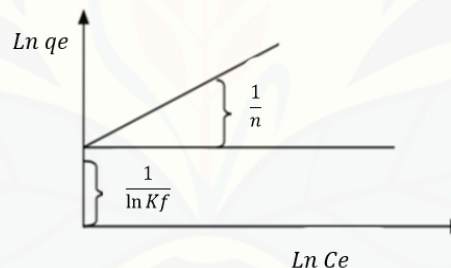
K_f = indikator kapasitas adsorpsi (mg/g)

n = parameter Freundlich

q_e = jumlah molekul adsorbat yang diserap per berat adsorben (mg/g)

Grafik $\ln q_e$ terhadap C_e akan menghasilkan garis lurus dengan kemiringan (slope) $\frac{1}{n}$

dan intersep $\frac{1}{\ln K_f}$ seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2



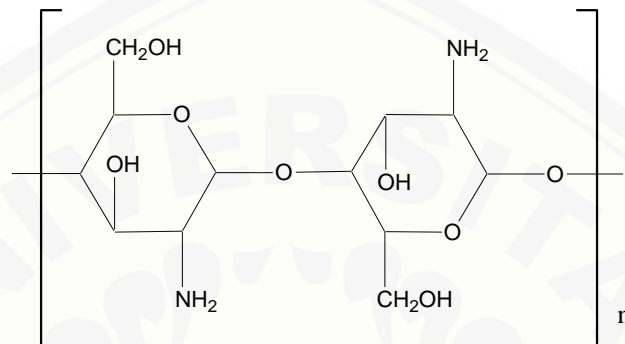
Gambar 2.2 Grafik Isoterm Adsorpsi Freundlich

(Zelentsov, 2012)

2.2 Kitosan

Kitosan merupakan polimer yang tersusun dari kopolimer dari glukosamin dan N-asetilglukosamin (Kurniasih, 2011). Kitosan merupakan biopolimer yang diperoleh dari deasetilasi kitin. Kitosan dapat dijadikan sebagai adsorben karena gugus aktif tersebut yang dapat membentuk ikatan hidrogen dengan molekul amoniak. Kitosan mempunyai rumus umum $(C_6H_9NO_3)_n$ atau disebut sebagai poli ($\beta(1,4)$ -2-amino-2-

Deoksi-D-Glukopiranos). Kitosan adalah polimer poliamin berbentuk linear, mempunyai gugus amino dan hidroksil yang aktif dapat dilihat pada Gambar 2.3. Gugus aktif pada kitosan mempunyai kemampuan mengkelat beberapa jenis logam (Kurniasih, 2011).



Gambar 2.3 Struktur Kitosan (Kurniasih, 2011)

Kitosan merupakan padatan amorf putih dan merupakan molekul polimer yang mempunyai berat molekul tinggi. Sifat kimia kitosan adalah tidak larut dalam alkali dan asam mineral kecuali pada keadaan tertentu. Kitosan juga tidak mudah larut dalam air, tetapi adanya gugus amino menyebabkan kitosan dapat larut dalam larutan asam dengan pH di bawah 6.5. Kitosan mempunyai rantai lebih pendek daripada kitin (Rokhati, 2006).

Gugus fungsi yang terdapat pada kitosan memungkinkan juga untuk modifikasi kimia yang beraneka ragam termasuk reaksi-reaksi dengan zat perantara ikatan silang, kelebihan ini dapat memungkinkannya kitosan digunakan sebagai bahan campuran bioplastik, yaitu plastik yang terdegradasi dan tidak mencemari lingkungan. Manfaat Kitosan di berbagai bidang industri modern cukup banyak diantaranya dalam industri farmasi, biokimia, bioteknologi, pangan, gizi, kertas, tekstil, pertanian, kosmetik, membran dan kesehatan. Penelitian kitosan sebagai adsorben telah banyak dilakukan dan kesemuanya menunjukkan karakteristik sifat pada :

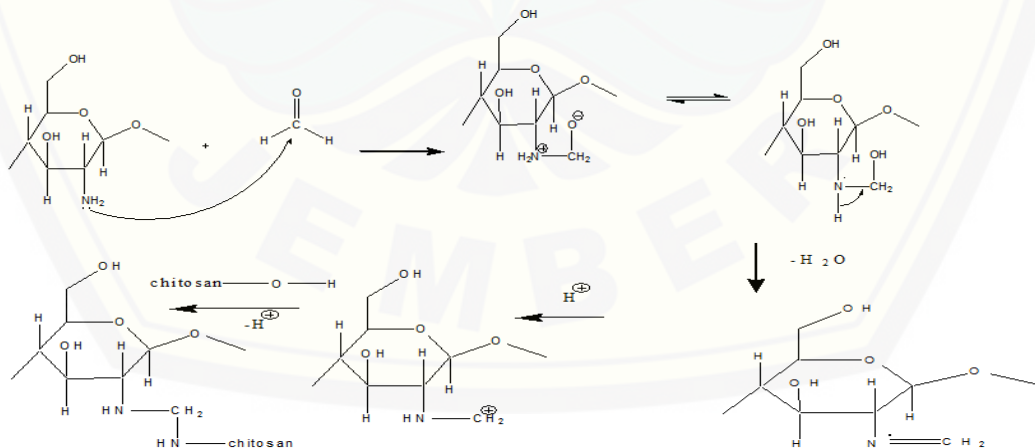
(1) kemampuannya yang cukup tinggi dalam mengikat ion logam

(2) kemungkinan pengambilan kembali yang relatif mudah terhadap ion logam yang terikat pada kitosan dengan menggunakan pelarut tertentu (Anggriani, 2007).

2.3 Modifikasi Kitosan *Beads*

Beads adalah mikrokapsul berbentuk sferis yang dibuat sebagai substrat padat. Pada proses pembuatan *beads* kitosan terjadi repolimerisasi kitosan, kitosan dibuat bentuk gel kemudian dibentuk padat lagi dengan disempotkan dalam larutan NaOH, pada proses ini diharapkan polimer kitosan lebih tertata sehingga strukturnya lebih teratur dan apabila diaplikasikan sebagai adsorben akan menghasilkan interaksi yang lebih efektif dibanding kitosan serbuk (Sulaiman, 2013).

Kitosan akan ditambahkan porogen yaitu NaCl sebelum disempotkan dalam larutan NaOH untuk memperbesar pori. Modifikasi selanjutnya kitosan yang terbentuk diikat silang dengan formaldehida. Penambahan formaldehida bertujuan untuk meningkatkan resistensi kitosan agar tidak mudah rusak. Mekanisme dari reaksi formaldehida pada kitosan *beads* menggunakan mekanisme basa *Schiff* melalui reaksi dari gugus aldehida dengan gugus $-NH_2$ kitosan dapat dilihat pada Gambar 2.4.



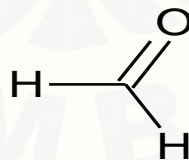
Gambar 2.4 Mekanisme reaksi ikatan pada kitosan *beads* *tercrosslink* formaldehida (Wade, 2011)

Formaldehida ini akan menjembatani kitosan dengan kitosan dari gugus $-NH_2$ sehingga reaksi ini meningkatkan sifat mekanik dan kestabilan *beads* kitosan. Selain itu, gugus $-NH_2$ akan menjadi $-NHR$ setelah berikatan dengan formaldehida yang dapat membentuk kompleks dengan logam berat sehingga dapat digunakan untuk mengikat logam berat (Li, Nan *et al*, 2005).

2.4 Formaldehida

Formaldehida merupakan larutan yang tidak berwarna dan baunya sangat menusuk. Nama lain dari formaldehida adalah Formol, Methylene aldehyde, Paraforin, Morbucid, Oxomethane, Polyoxymethylene glycols, Methanal, Formoform, Formalin, dan Formalith. Berat Molekul Formalin adalah 30,03 gram/mol dengan rumus molekul HCOH (Sari, 2012).

Formaldehida memiliki rumus struktur seperti pada Gambar 2.5. Gugus karbonil yang dimilikinya sangat aktif, dapat bereaksi dengan gugus $-NH_2$ dari protein yang ada pada tubuh membentuk senyawa yang mengendap (Harmita, 2006). Formalin dikenal sebagai bahan pembunuh hama (desinfektan) dan banyak digunakan dalam industri (Sari, 2012).



Gambar 2.5 Struktur Formaldehida

Formaldehida dapat dihasilkan dari pembakaran bahan yang mengandung karbon. Terkandung dalam asap pada kebakaran hutan, knalpot mobil, dan asap tembakau. Atmosfer bumi, menghasilkan formaldehida dari aksi cahaya matahari dan

oksigen terhadap metana dan hidrokarbon lain yang ada di atmosfer. Formaldehida dalam kadar kecil sekali juga dihasilkan sebagai metabolit organisme pada umumnya misalnya metabolisme serine, glisine, serta pada metabolisme metanol. Zat ini banyak dipergunakan secara luas di industri, domestik dan medis. Zat ini mudah menguap dan bersifat iritan bagi mukosa tubuh. Formaldehida dapat dioksidasi oleh oksigen atmosfer menjadi asam format, maka menyimpan larutan formaldehida harus ditutup serta diisolasi supaya tidak kemasukan udara (Sari, 2012).

2.5 Logam Tembaga (Cu) dan Pengaruhnya

Tembaga (Cu) merupakan unsur kimia yang memiliki nomor atom 29. Cu berwarna merah dan ditemukan di alam dalam bentuk senyawa maupun bebas. Tembaga tahan terhadap korosi karena termasuk unsur yang tidak reaktif. Tembaga murni mencair pada suhu 1083°C dan akan menjadi uap atau mendidih pada suhu 2567°C pada tekanan normal (Wiyarsi *et al*, 2012).

Tembaga juga banyak digunakan dalam bentuk senyawanya, salah satu yang paling terkenal adalah tembaga sulfat pentahidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) atau lebih dikenal dengan terusi adalah kristal berwarna biru, cukup banyak dijumpai di laboratorium kimia sebagai bahan penyerap air pada eksikator (Wiyarsi *et al*, 2012).

Tembaga mudah larut dalam asam nitrat dan dalam asam sulfat dengan adanya oksigen. Ia juga mudah larut dalam larutan KCN dan amonia dengan adanya oksigen, membentuk kompleks $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$. Kompleks tembaga itu memiliki bilangan koordinasi enam, dimana empat ligan bertetangga dalam segi empat dan dua ligan yang lain saling tegak lurus bidang segi empat membentuk struktur oktahedral. Penambahan ligan dalam larutan akan menyebabkan pertukaran kompleks dengan molekul air secara berurutan (Wiyarsi *et al*, 2012).

Kadar Cu yang tinggi dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan biotik maupun abiotik. Peningkatan kadar Cu yang terlalu tinggi dapat memberikan dampak negatif bagi hewan dan manusia karena sifatnya yang karsinogenik dan

terakumulasi dalam jaringan tubuh (Aisyah, 2009). Keracunan yang diderita manusia berasal dari kontaminasi Cu yang masuk bersama air minum sebesar 1 – 12 gram. Gejala yang dideteksi merupakan gejala keracunan akut, seperti bau logam pada pernapasan, epigastrium terasa terbakar dan muntah berulang – ulang. Keracunan kronis yang diderita dapat menyebabkan terjadinya kemunduran dalam pertumbuhan, timbulnya penyakit Wilsy dan Kinsky, kerusakan kerja otak serta penurunan fungsi ginjal (Wiyarsi *et al*, 2012).

2.6 Spektrofotometer Serapan Atom

Spektrofotometer serapan atom (SSA) ditujukan untuk analisis kuantitatif terhadap unsur-unsur logam. Alat ini memiliki sensitivitas yang sangat tinggi, sehingga sering dijadikan sebagai pilihan utama dalam menganalisis unsur logam yang konsentrasinya sangat kecil (ppm bahkan ppb). Prinsip dasar pengukuran dengan SSA adalah penyerapan energi (sumber cahaya) oleh atom-atom dalam keadaan dasar menjadi atom-atom dalam keadaan tereksitasi. Pembentukan atom - atom dalam keadaan dasar atau proses atomisasi pada umumnya dilakukan dalam nyala (Day & Underwood, 1989).

Prinsip dari SSA yaitu cahaya yang dilewatkan pada suatu sel yang mengandung atom-atom bebas dengan panjang gelombang tertentu maka sebagian akan diserap dan diteruskan. Intensitas cahaya yang diserap berbanding lurus dengan banyaknya atom bebas logam yang berada dalam sel. Hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi diturunkan dari :

1. Hukum Lambert: Intensitas sinar yang diteruskan akan berkurang apabila suatu sumber sinar monokromatik melewati medium transparan dengan bertambahnya ketebalan medium yang mengadsorpsi

$$I = TxI_0 \dots\dots\dots (4)$$

I adalah intensitas berkas cahaya keluar

I_0 adalah intensitas berkas cahaya masuk/datang

T adalah transmitansi. Jika transmisi dinyatakan dalam prosentase

$$\%T = \left(\frac{I}{I_0}\right) \times 100 \dots\dots\dots(5)$$

2. Hukum Beer: absorbansi cahaya berbanding lurus dengan dengan konsentrasi dan ketebalan bahan/medium

$$A = abc \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

A = adsorbansi

a = molar absorpsitivitas untuk panjang gelombang tertentu atau koefisien ekstinsif ($\text{Lmol}^{-1} \text{cm}^{-1}$)

b = konsentrasi molar (molL^{-1})

c = panjang/ketebalan dari bahan/medium yang dilintasi oleh cahaya (cm).

Absorbansi cahaya berbanding lurus dengan konsentrasi atom-atom yang menyerap sinar (Day & Underwood, 1989). Kombinasi dari kedua hukum tersebut (Hukum Beer-Lambert) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\%T = \left(\frac{I}{I_0}\right) \times 100 = abc \dots\dots\dots (7)$$

atau

$$A = \log \left(\frac{I_0}{I}\right) \times 100 = abc \dots\dots\dots (8)$$

Absorbansi dan prosentase transmitan sangat berhubungan karena pada spektrometer nilai yang dihasilkan bukan nilai absorbansi (A) melainkan transmitan (T). Oleh karena itu nilai T harus dikonversi ke dalam nilai A zat yang diukur. Konversi ini dilakukan karena yang terukur adalah nilai transmitan (besarnya sinar radiasi yang melewati zat dan ditangkap detektor), sedangkan yang diinginkan adalah nilai absorban (besarnya sinar radiasi yang terserap oleh zat) dari zat yang diukur (Beaty *et al*, 1993).

2.7 Spektroskopi FTIR

Spektroskopi FTIR (fourier transform infrared) pada prinsipnya sama dengan spektroskopi inframerah, hanya saja spektroskopi FTIR ditambahkan alat optik (fourier transform) untuk menghasilkan spektra yang lebih baik, sehingga spektroskopi FTIR dapat menghasilkan data dimana dengan spektroskopi inframerah puncak yang diinginkan tidak muncul. IR bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang ada dalam suatu senyawa. Sinyal khas yang tampak merupakan akibat adanya vibrasi molekul dari suatu senyawa dalam spektrofotometer infra merah (Silverstain, 1986).

Ikatan nonpolar tidak mengadsorpsi IR karena tidak ada perubahan momen dipole (momen ikatan) apabila molekul saling berasosiasi. Ikatan nonpolar relative (ikatan C-C dan C-H dalam molekul organik) menyebabkan adsorpsi lemah. Pada ikatan polar (seperti C=O) menunjukkan adsorpsi kuat (Fessenden, 1991).

Setiap ikatan mempunyai frekuensi yang karakteristik untuk terjadinya vibrasi ulur (stretching vibrations) dan vibrasi tekuk (bending vibrations) dimana sinar inframerah dapat diserap pada frekuensi tersebut. Energi ulur (stretch) suatu ikatan lebih besar daripada energi tekuk (bend) sehingga serapan ulur suatu ikatan muncul pada frekuensi lebih tinggi dalam spektrum inframerah daripada serapan tekuk dari ikatan yang sama. Frekuensi vibrasi suatu ikatan dapat dihitung dengan persamaan hukum Hooke, yaitu

$$\nu = \frac{1}{2\pi c} \left[\frac{f}{m_1 m_2 (m_1 + m_2)} \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan :

ν = frekuensi spasial (cm^{-1})

c = kecepatan cahaya dalam ruang hampa

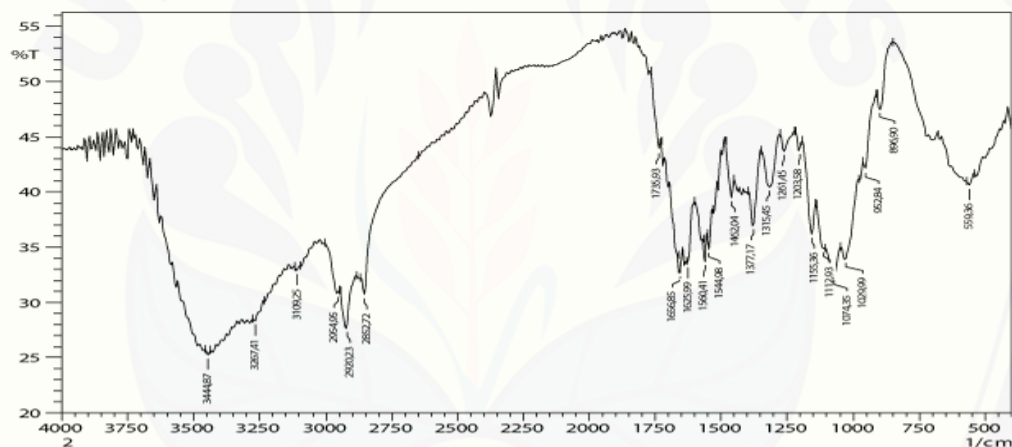
f = tetapan gaya ikatan

m_1 dan m_2 masing – masing massa dari atom 1 dan atom 2 yang saling berikatan.

(Suseno *et al*, 2008).

Tetapan f mempunyai nilai berbeda untuk setiap jumlah ikatan, dengan kelipatan 5×10^5 dyne/cm untuk tiap ikatan. Jadi jika kekuatan ikatan naik maka frekuensi vibrasi suatu ikatan diharapkan naik (Suseno *et al*, 2008).

Analisa kualitatif spektroskopi FTIR secara umum digunakan untuk identifikasi gugus fungsi yang terdapat dalam suatu senyawa yang dianalisa. Beberapa daerah penting pada spektrum inframerah dari senyawa kitin dan kitosan berdasarkan gugus-gugus yang ada ditunjukkan spektrum infra merah kitosan pada Gambar 2.6. Melihat puncak serapan dari gugus fungsi produk polimer, dilakukan pengamatan tentang spektrum serapan, yaitu pada daerah bilangan gelombang 400-4000 cm^{-1} (Silverstein, 1986).



Gambar 2.6 Spektrum infra merah kitosan

2.8 Porositas

Densitas merupakan kerapatan sampel (Siswanto *et al*, 2014). Pengujian porositas bertujuan untuk mengetahui pori - pori ruang benda dengan mencari volume pori-pori terbuka dari prosentase total volume material. Menghitung porositas diperlukan mencari massa jenis kitosan *beads* terlebih dahulu. Pengujian densitas sampel dilakukan dengan mengukur massa per volume sampel. Massa ditimbang

dengan menggunakan neraca digital. Nilai densitas sampel dapat didapatkan melalui persamaan 10:

$$\rho = \frac{m}{V} \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan : ρ = massa jenis kitosan *beads* (g/mL)

m = berat *beads* kering (gram)

V = volume piknometer (mL)

(Siswanto *et al*, 2014).

Porositas kemudian dapat dihitung dari volume terisi dan volume pori (Paul G, 2010). Porositas merupakan sifat fisik yang penting untuk menyatakan karakteristik tekstur dan kualitas bahan kering atau setengah kering. Persamaan 11 menunjukkan bahwa porositas berkaitan erat dengan densitas, dimana porositas berbanding terbalik dengan porositas. Adapun porositas dari kitosan *beads* ditentukan dengan persamaan 11:

$$\epsilon = \frac{\frac{W_w - W_d}{\rho_w}}{\frac{W_w - W_d}{\rho_w} + \frac{W_d}{\rho_p}} \times 100\% \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan: (W_w) massa kitosan *beads* basah, (W_d) massa kitosan *beads* kering, (ϵ) persentase porositas, (ρ_w) dan (ρ_p) adalah densitas dari air dan polimer (Tomaszweska, 2002).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Desember 2015 hingga Juni 2016. Pembuatan dan uji kitosan *bead* termodifikasi formaldehida dilakukan di Laboratorium Kimia Fisik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember dan *Center for Development of Advanced Sciences and Technology* (CDAST) Universitas Jember.

3.2 Alat dan Bahan

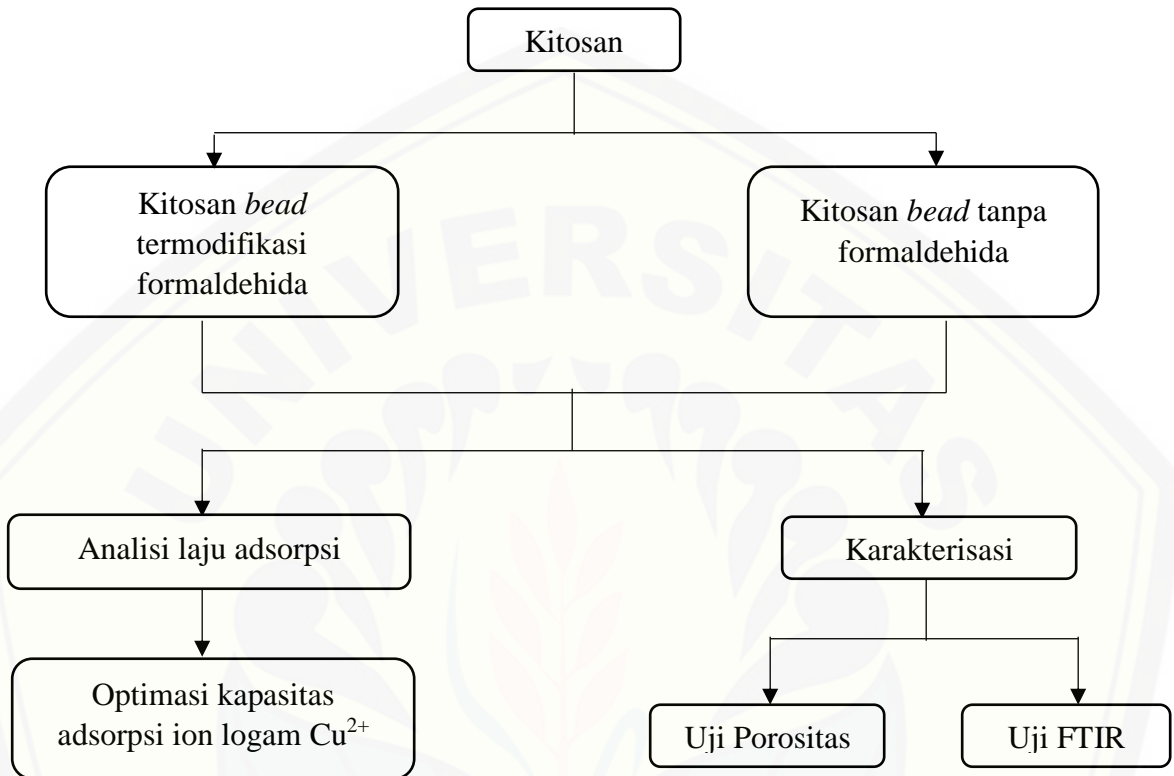
3.2.1 Alat Penelitian

Alat – alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat – alat gelas dan alat – alat pendukung analisis. Alat – alat gelas antara lain pipet tetes, gelas ukur 100 mL, *beaker glass* 150 mL, corong, labu ukur 100 mL. Alat pendukung antara lain *magnetic stirrer*, *ball* pipet, pipet mohr 10 mL, pipet mohr 1 mL, oven, neraca digital, pH universal, *shaker*, botol semprot, kertas saring, syringe 12 mL, mikrometer *screw* dan Spektrofotometer Serapan Atom.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kitosan (komersial, berat molekul medium), asam asetat (*Sigma Aldrich*, konsentrasi 96%), akuades, *aquademin*, NaOH (*Sigma Aldrich*, BM=40 g/mol), NaCl (*Sigma Aldrich*, BM= 58,44 g/mol), Formaldehida (Merck, konsentrasi 37%, densitas 1,03 g/cm³), CuSO₄.5H₂O (*Merck*)

3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.4 Prosedur Kerja

3.4.1 Preparasi Bahan

3.4.1.1 Larutan asam asetat 5%

Asam asetat 5% dibuat dengan mengencerkan asam asetat 96% dengan massa jenis $1,05 \text{ g/cm}^3$ sebanyak 13,4 mL dan dimasukkan dalam labu ukur 250 mL kemudian diencerkan dengan akuades hingga tanda batas.

3.4.1.2 Larutan standar Cu^{2+} (ppm)

Larutan standar Cu^{2+} yang digunakan adalah 6, 7, 8, 9, 10 ppm. Pembuatan larutan standar dilakukan dengan mengencerkan larutan Cu^{2+} 100 ppm yang dibuat dengan cara melarutkan 0,1 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dalam 250 mL air. Larutan Cu^{2+} 100 ppm yang dibutuhkan untuk membuat larutan standar Cu^{2+} 6, 7, 8, 9, 10 ppm 500 mL berturut – turut sebanyak 30, 35, 40, 45, dan 50 mL.

3.4.1.3 Larutan formaldehida

Larutan formaldehida yang digunakan adalah 37%, 30% dan 23%. Pembuatan larutan formaldehida 23% dan 30% dilakukan dengan mengencerkan larutan formaldehida 37% dengan massa jenis $1,03 \text{ g/cm}^3$ dalam labu ukur 50 mL. Pengenceran dilakukan dengan memasukkan larutan formaldehida 37% berturut – turut sebanyak 31,3 mL dan 40,7 mL dalam labu ukur 50 mL. Labu ukur diisi dengan aquades sampai tanda batas lalu dikocok.

3.4.2 Pembuatan *Bead* Kitosan Termodifikasi Formaldehida

Serbuk kitosan sebanyak 4 gram dilarutkan dalam larutan asam asetat 5% sebanyak 200 mL dalam *beaker glass* 500 mL kemudian diaduk dengan *stirrer* selama 1 jam dan didiamkan selama 24 jam untuk menghilangkan gelembung udara. Campuran ditambahkan dengan 4 g garam dapur NaCl sedikit demi sedikit sambil diaduk menggunakan *stirrer* selama 1 jam. Campuran ditambahkan formaldehida dengan variasi konsentrasi 37%, 30% dan 23% sebanyak 0,3 mL, kemudian diaduk selama 2 jam. Campuran yang sudah ditambahkan formaldehida dicetak menggunakan *syringe* dengan diteteskan setetes demi tetes ke dalam NaOH 1 M. Kitosan yang telah mengalami koagulasi kemudian dicuci dengan akuades sampai *beads* netral. Pengecekan pH menggunakan pH indikator universal dilakukan pada air hasil cucian *beads*. Jika wana pada kertas pH indikator universal sudah menunjukkan pH 7, maka

beads sudah netral. *Beads* kitosan kemudian dikeringkan menggunakan oven pada temperatur 110°C selama 1,5 jam.

3.4.3 Pembuatan Kurva Kalibrasi

Pembuatan kurva kalibrasi dilakukan dengan menyiapkan 200 mL larutan Cu^{2+} dengan variasi konsentrasi 6, 7, 8, 9 dan 10 ppm. Masing – masing larutan Cu^{2+} diukur nilai adsorbansinya menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom. Nilai adsorbansi yang didapat akan dibuat grafik dengan sumbu y adalah absorbansi dan sumbu x adalah konsentrasi Cu^{2+} .

3.4.4 Penentuan Laju Adsorpsi Kitosan *Bead* Termodifikasi Formaldehida

Penentuan laju adsorpsi dilakukan dengan menyiapkan 8 buah erlenmeyer 100 mL dan dimasukkan masing-masing 10 mg sampel kitosan *bead* termodifikasi formaldehida 37%. Tiap erlenmeyer ditambahkan 20 mL larutan Cu^{2+} 10 ppm dan *dishaker* dengan kecepatan 150 rpm masing – masing selama 15, 30, 45, 60, 75, 90, 120 dan 180 menit. Campuran disaring dan filtrat diukur dengan Spektrofotometer AAS. Absorbansi yang terbaca kemudian dimasukkan ke dalam persamaan regresi kurva kalibrasi. Langkah yang sama diulangi dengan konsentrasi formaldehida yang berbeda. Penentuan orde reaksi ditentukan dengan membuat grafik antara konsentrasi Cu^{2+} setelah adsorpsi dengan waktu sesuai dengan ordenya. Orde reaksi dipilih yang memiliki nilai kelinieritasan paling dekat dengan 1. Nilai konstanta laju adsorpsi didapatkan dari nilai slope berdasarkan persamaan garis lurus.

3.4.5 Penentuan kapasitas adsorpsi

Penentuan kapasitas adsorpsi dilakukan dengan menyiapkan kitosan *bead* dengan variasi konsentrasi formaldehida 23%, 30% dan 37% sebanyak 10 mg dan

dimasukkan masing - masing ke dalam 5 buah erlenmeyer 100 mL yang telah ditambahkan masing – masing 20 mL larutan Cu^{2+} berturut – turut 6, 7, 8, 9, dan 10 ppm pada tiap erlenmeyer. Kelima campuran diaduk menggunakan *shaker* kecepatan 150 rpm pada temperatur ruang selama waktu optimum yang didapat pada penentuan laju adsorpsi. Campuran disaring dan filtrat diukur dengan AAS. Nilai absorbansi yang didapat dimasukkan dalam persamaan kurva kalibrasi sehingga diketahui konsentrasi sisa larutan Cu^{2+} . Model kapasitas adsorpsi dapat ditentukan dengan mengplotkan hasil yang didapat sesuai dengan persamaan Langmuir pada persamaan 2 dan freundlich pada persamaan 3.

Model kapasitas adsorpsi yang sesuai ditentukan dengan grafik yang memiliki nilai r^2 mendekati 1. Nilai kapasitas adsorpsi dicari dengan menggunakan persamaan yang sesuai, persamaan 2 atau persamaan 3.

3.4.6 Uji Karakteristik

3.4.6.1 FTIR

Uji FTIR digunakan untuk mengetahui apakah kitosan telah berikatan dengan formaldehida. Spektrum IR kitosan murni dan kitosan terikat silang dibandingkan dari literatur yang ada mengenai spektrum IR kitosan murni. Bilangan gelombang yang dipergunakan adalah $400\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$. Uji FTIR akan dilakukan di Laboratorium Kimia Fakultas Farmasi Universitas Negeri Jember dan Laboratorium Kimia Fakultas MIPA institut Sepuluh November.

3.4.6.2 Uji Porositas

Uji porositas dilakukan dengan mengukur massa jenis kitosan dan massa jenis aquademin terlebih dahulu. Pengukuran massa jenis air dilakukan dengan cara menimbang piknometer kosong yang bersih dan kering beserta tutupnya. Piknometer tersebut diisi dengan aquademin hingga tanda batas, ditutup kemudian ditimbang

kembali. Volume aquademin yang masuk ke dalam piknometer sudah tercatat pada piknometernya. Data yang diperoleh dimasukkan ke dalam persamaan 12:

$$\rho_{\text{aquademin}} = \frac{m_{\text{pikno+aquademin}} - m_{\text{pikno kosong}}}{v_{\text{aquademin}}} \dots\dots\dots(12)$$

Keterangan

- $\rho_{\text{aquademin}}$ = massa jenis aquademin (g/mL)
- $m_{\text{pikno+aquademin}}$ = massa piknometer setelah ditambah aquademin (g)
- $m_{\text{piknokosong}}$ = massa piknometer kosong (g)
- $V_{\text{aquademin}}$ = volume aquademin dalam piknometer (mL)

Pengukuran massa jenis kitosan *beads* dilakukan dengan menggunakan pipet mohr yang ujung bawahnya ditutup. Kitosan *beads* yang massa jenisnya akan diukur, ditimbang terlebih dahulu. Kitosan *beads* yang telah ditimbang dimasukkan ke dalam pipet mohr yang sudah berisi aquademin sebanyak 4 mL. Kenaikan volume pada pipet diamati dan dicatat. Kenaikan volume pada pipet mohr tersebut merupakan volume dari kitosan *beads* yang dimasukkan. Data yang didapat kemudian dimasukkan ke dalam persamaan 13:

$$\rho_{\text{beads}} = \frac{m_{\text{beads}}}{v_{\text{beads}}} \dots\dots\dots (13)$$

Keterangan:

- ρ_{beads} = massa jenis *beads* (g/mL)
- m_{beads} = massa *beads* (g)
- V_{beads} = volume *beads* (mL)

Setelah data massa jenis kitosan *beads* (ρ_p) dan aquademin (ρ_w) diperoleh, dilakukan pengukuran porositas. Pengukuran porositas dilakukan dengan cara merendam 0,01 g kitosan *beads* (W_d) ke dalam 10 mL aquademin dan kemudian kitosan *beads* yang sudah direndam (W_w) selama 1 jam ditimbang. Data yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam persamaan 11 untuk menghitung nilai porositas kitosan *beads*. Pengukuran massa jenis kitosan *beads* ini dilakukan untuk membandingkan kerapatan kitosan *beads* tanpa *crosslinker* formaldehida dengan kitosan *beads tercrosslink* formaldehida.

BAB. 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Peningkatan waktu adsorpsi berpengaruh terhadap jumlah Cu^{2+} yang teradsorpsi di mana pada waktu adsorpsi 15 – 120 menit jumlah Cu^{2+} yang teradsorpsi semakin banyak, tetapi pada waktu adsorpsi 120 – 180 menit jumlah ion Cu^{2+} konstan
2. Penambahan formaldehida dari 0 – 37% memperkecil nilai kapasitas adsorpsi, dimana nilai kapasitas adsorpsi berturut – turut sebesar 29,41; 21,98; 20,20 dan 19,5 mg/g.
3. Penambahan formaldehida menurunkan nilai porositas kitosan *beads* termodifikasi
4. Perbedaan spektra FTIR pada kitosan *beads* tanpa formaldehida dan kitosan *beads tercrosslink* formaldehida terletak pada bilangan gelombang 1548 – 1660 cm^{-1} yang berubah menjadi satu *peak*

5.2 Saran

Adapun saran dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang kinetika adsorpsi untuk mengetahui laju adsorpsi kitosan *beads* termodifikasi
2. Perlu dilakukan uji SEM untuk mengetahui ukuran pori pada kitosan *beads*
3. Perlu dilakukan analisis pada kitosan tanpa NaCl dan tanpa formaldehida sebagai kontrol
4. Perlu dilakukan penelitian dengan metode lain untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi karena Penambahan agen pengikat silang akan memperkecil kapasitas adsorpsi

DAFTAR PUSTAKA

- Agustrya, Nofa., Lia Destiarti dan Titin Anita Zaharah. 2015. Penentuan Kapasitas Adsorpsi Kitosan Terimobilisasi Ditizon terhadap Cd(II). *Jurnal Kimia Khatulistiwa*. Vol 4 (3): 73 - 78
- Aisyah, L. S., H. Hardiani, dan A. Fauzi. 2009. *Fitoremediasi Tanah Terkontaminasi Logam Cu Limbah Padat Proses Deinking Industri Kertas Oleh Tanaman Bunga Matahari (Helianthus Annuus L.) Dengan Penambahan Mikoriza*. Bandung: Jurusan Kimia FMIPA–UNJANI
- Anggriani. 2007. “Pembuatan dan Pemanfaatan Kitosan Sulfat dari Cangkang Bekicot (Achatina Fullica) sebagai Adsorben Zat Warna Remazol Yellow Fg 6”. Tidak diterbitkan. Skripsi. Surakarta: Universitas Sebelas Maret
- Apriliani, Ade. 2010. ”Pemanfaatan Arang Ampas Tebu sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu dan Pb dalam Air Limbah”. Tidak diterbitkan. Skripsi. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah
- Atkins, P, W.1999. *Kimia Fisika Edisi keempat Jilid 2, Terjemahan Irma I. Kartohadiprodjo*. Jakarta: Erlangga
- Beaty, richard D dan Jack D. Kerber. 1993. *Concepts, Instrumentation and Techniques in Atomic Absorption Spectrophotometrys second edition*. USA: The Perkin-Elmer Corporation
- Dalida *et. al.* 2010. Adsorptive removal of Cu(II) from aqueous solutions using non-crosslinked and crosslinked chitosan-coated bentonite beads. *Desalination*. Vol 275 (1): 154–159
- Day, Jr, R. A., Underwood, A. L. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Alih bahasa oleh Aloysius Hadyana Pudjaatmaka. 1989. Jakarta: Erlangga
- Fessenden, R. J. & Fessenden, J. S. *Dasar-Dasar Kimia Organik*. Alih bahasa oleh Sukmariah, Kamianti Anas, Tida S, Sally. 1997. Jakarta : Binarupa Aksara
- Hasrianti. 2012. “Adsorpsi Ion Cd²⁺ dan Cr⁶⁺ Pada Limbah Cair Menggunakan Kulit Singkong”. Tidak diterbitkan. Skripsi. Makassar: UNHAS
- Kurniasih, Mardiyah dan Dwi Kartika. 2011. Sintesis dan Karakterisasi Fisika-Kimia Kitosan. *Jurnal Inovasi*. Vol 5 (1): 42-48

- Li, Nan and Renbi Bai. 2005. A Novel Amine-Shielded Surface Cross-Linking of Chitosan Hydrogel Beads for Enhanced Metal Adsorption Performance. *Ind Eng Chem Res.* Vol **44** (1): 6692-6700
- Monier, M. 2011. Adsorption of Hg^{2+} , Cu^{2+} and Zn^{2+} Ions from Aqueous Solution Using Formaldehyde Cross-Linked Modified Chitosan–Thioglyceraldehyde Schiff's Base. *International Journal of Biological Macromolecules.* Vol **50** (1): 773 – 781
- Nugroho, CS., Nurhayati, dan Utami. 2011. Sintesis dan Karakterisasi Membran Kitosan Untuk Aplikasi Sensor Deteksi Logam Berat. *Molekul.* Vol **6** (2): 123 – 136
- Nurdiani, Dian. “Adsorpsi Logam Cu (II) dan Cr (VI) pada Kitosan Bentuk Serpihan dan Butiran”. Tidak diterbitkan. Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Rokhati, N. 2006. Pengaruh Derajat Deasetilasi Khitosan dari Kulit Udang Terhadap Aplikasinya sebagai Pengawet Makanan. *Reaktor.* Vol **10** (2): 54-58
- Sari, Naomi Ditya. 2012. “Pengaruh Formalin Peroral Dosis Bertingkat Selama 12 Minggu Terhadap Gambaran Histopatologis Esofagus Tikus Wistar”. Tidak diterbitkan. Skripsi. Semarang: Universitas Diponegoro
- Silverstein, R. M. 1986. *Penyidikan Spektrometrik Senyawa Organik. Edisi ke-4. Terjemahan A. J. Hartomo dan Anny Victor Purba.* Jakarta: Erlangga
- Siswati, I., Sabarudin, A., dan Darjito. 2014. Pembuatan Kitosan Makropori Menggunakan *Ethylene Glycol Diglycidyl Ether* (EDGE) sebagai *Cross-linker* dan Aplikasinya terhadap Adsorpsi *Methyl Orange*. *Student Journal.* Vol **1** (2): 175 - 181
- Siswanto *et. al.* 2014. Upaya Meningkatkan Kuat Tekan Komposit Ha-Kitosan Sebagai Kandidat Aplikasi Implan Tulang Kortikal. *Jurnal Fisika dan Terapannya.* Vol **2** (3): 1 – 15
- Sukardjo, JS., dan Mawarni, N. G. 2011. Sintesis Kitosan dari Cangkang Kepiting dan Kitosan Yang Dimodifikasi Melalui Pembentukan Bead Kitosan Berikatan Silang dengan Asetaldehid sebagai Agen Pengikat Silang untuk Adsorpsi Ion Logam Cr (VI). *Jurnal Ekosains.* Vol **3** (3): 1 - 13
- Sulaiman, Nur dan Sari Edi Cahyaningrum. 2013. Penentuan pH Optimum Adsorpsi Ion Logam Cr (VI) oleh Kitosan Bead dan Kitosan-Silika Bead. *UNESA Journal of Chemistry.* Vol **2** (1): 1 - 3

- Suprihatin dan Erriek A. 2009. Biosorpsi Logam Cu(II) dan Cr (VI) pada Limbah Elektroplating dengan Menggunakan Biomasa *Phanerochaete Chrysosporium*. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol 4 (1): 1 - 5
- Tomasweska, M. & Jarosiewicz, A. 2002. Use of Polysulfone in Controlled-Release NPK Fertilizer . *Journal Of Agricultural and Food Chemistry*. Vol 50 (16) :4634-4639
- Wade, J. R .2011. *Organic Chemistry 7th Edition*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall
- Widihati, I. A. G., Ni G. A. M. Dwi A. S., dan M. A. Yohanita N. 2012. Studi Kinetika Adsorpsi Larutan Ion Logam Kromium (Cr) Menggunakan Arang Batang Pisang (*Musa paradisiaca*). *Jurnal Kimia*. Vol 6 (1): 8 – 16
- Wiyarsi, A dan Priyambodo, E. 2009. “Pengaruh Konsentrasi Kitosan dari Cangkang Udang terhadap Efisiensi Penjerapan Logam Berat”. Tidak diterbitkan. Skripsi. Yogyakarta: UNY
- Weber, W. J.1972. *Physics Chemical Process for Water Quality Control*. New York: John Wiley & Sons Ltd
- Zelentsov *et. al.* 2012. Adsorption Models for Treatment of Experimental Data on Removal Fluorine From Water by Oxihydroxides of Aluminum. *ROMAI J*. Vol 8 (1): 209 – 215

LAMPIRAN

Lampiran A. Preparasi Larutan

A.1 Perhitungan asam asetat 5% dari 96% sebanyak 250 ml

$$V_2 = 13 \text{ mL}$$

$$V_1 M_1 = V_2 M_2$$

$$5\% \cdot 250 \text{ ml} = V_2 \cdot 96\%$$

$$V_2 = 13,1 \text{ ml}$$

A.2 Pengenceran Formaldehida 37% dalam 50 ml

$$V_1 M_1 = V_2 M_2$$

a). Larutan Formaldehida 23%

$$V_1 \cdot 37\% = 50 \text{ ml} \cdot 23\%$$

$$V_1 = \frac{50 \text{ ml} \cdot 23\%}{37\%} = 31,1 \text{ ml}$$

b). Larutan Formaldehida 30%

$$V_1 \cdot 37\% = 50 \text{ ml} \cdot 30\%$$

$$V_1 = \frac{50 \text{ ml} \cdot 30\%}{37\%} = 40,5 \text{ ml}$$

A.3 Perhitungan larutan Induk Cu^{2+} 100 ppm dalam 250 mL

$$\text{Cu}^{2+} \text{ 100 ppm} = 100 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$m \text{ CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = 0,098 \text{ g}$$

$$\frac{m \text{ CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{BM \text{ CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} = \frac{m \text{ Cu}}{Mr \text{ Cu}}$$

$$\frac{0,098 \text{ g}}{249,5 \text{ g mol}^{-1}} = \frac{m \text{ Cu}}{63,5 \text{ g mol}^{-1}}$$

$$m \text{ Cu} = 0,0249 \text{ g} = 24,9 \text{ mg}$$

$$[\text{Cu}^{2+}] = \frac{24,9 \text{ mg}}{250 \text{ mL}} = 0,1 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} = 100 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = 100 \text{ ppm}$$

A.4 Pengenceran Cu^{2+} variasi konsentrasi sebanyak 500 ml dari 100 ppm

$$V_1 M_1 = V_2 M_2$$

a) Larutan Cu^{2+} 6 ppm

$$V_1 \cdot 100 \text{ ppm} = 500 \text{ ml} \cdot 6 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{500 \text{ ml} \cdot 6 \text{ ppm}}{100} = 30 \text{ ml}$$

b) Larutan Cu^{2+} 7 ppm

$$V_1 \cdot 100 \text{ ppm} = 500 \text{ ml} \cdot 7 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{500 \text{ ml} \cdot 7 \text{ ppm}}{100} = 35 \text{ ml}$$

c) Larutan Cu^{2+} 8 ppm

$$V_1 \cdot 100 \text{ ppm} = 500 \text{ ml} \cdot 8 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{500 \text{ ml} \cdot 8 \text{ ppm}}{100} = 40 \text{ ml}$$

d) Larutan Cu^{2+} 9 ppm

$$V_1 \cdot 100 \text{ ppm} = 500 \text{ ml} \cdot 9 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{500 \text{ ml} \cdot 9 \text{ ppm}}{100} = 45 \text{ ml}$$

e) Larutan Cu^{2+} 10 ppm

$$V_1 \cdot 100 \text{ ppm} = 500 \text{ ml} \cdot 10 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{500 \text{ ml} \cdot 10 \text{ ppm}}{100} = 50 \text{ ml}$$

A.5 Perhitungan NaOH 500 mL

$$m \text{ NaOH} = 20,016 \text{ g}$$

$$n = \frac{m}{Mr}$$

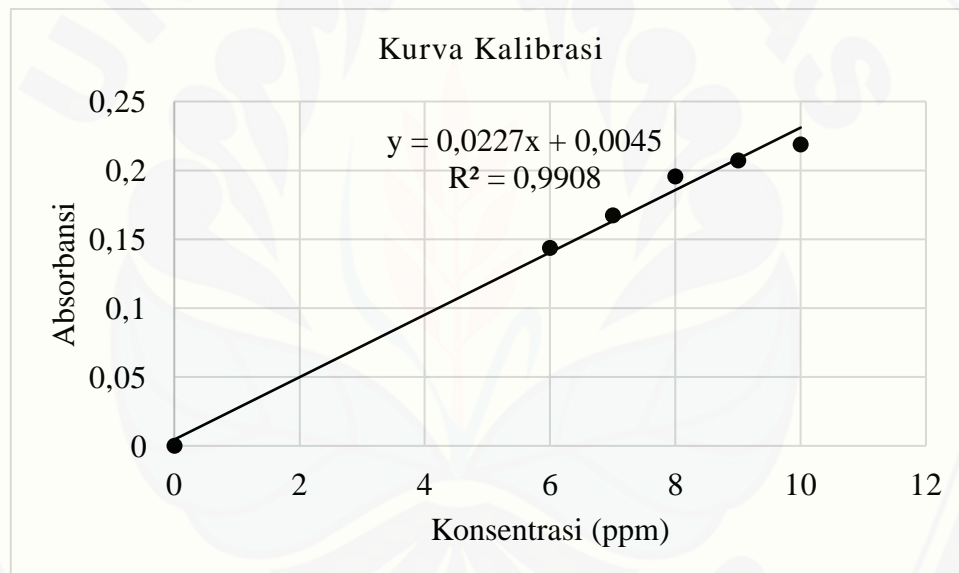
$$n = \frac{20,016 \text{ g}}{40 \text{ g mol}^{-1}}$$

$$n = 0,5004 \text{ mol}$$

$$[\text{NaOH}] = \frac{0,5004 \text{ mol}}{0,5 \text{ mL}} = 1,0008 \text{ M}$$

Lampiran B. Pengolahan Data**B.1 Kalibrasi larutan standard Cu^{2+} dari $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$**

Konsentrasi Cu^{2+} (ppm)	Absorbansi Cu^{2+}
0	0
6	0,143750
7	0,167544
8	0,195745
9	0,207427
10	0,218866



Persamaan kurva kalibrasi yang didapat adalah $Y = 0,0227x + 0,0045$

B.2 Data Penentuan waktu dan orde reaksi Adsorpsi *Kitosan Beads* Termodifikasi formaldehida 37%B.2.1 Data Penentuan waktu Adsorpsi *Kitosan Beads* Termodifikasi formaldehida 37% konsentrasi awal Cu 10 ppm

waktu (menit)	botol	massa adsorben (g)	Absorbansi Cu sisa			abs rata - rata	SD	Konsentrasi Cu sisa (Ce) (ppm)		SD
			1	2	3			Ce	Ce rata – rata	
15	1	0,01000	0,016	0,015	0,015	0,0153	0,0006	0,4772	0,4870	0,0085
	2	0,01000	0,015	0,016	0,016	0,0157	0,0006	0,4919		
	3	0,01000	0,015	0,016	0,016	0,0157	0,0006	0,4919		
30	1	0,01000	0,013	0,013	0,014	0,0133	0,0006	0,3891	0,3989	0,0170
	2	0,01000	0,014	0,013	0,013	0,0133	0,0006	0,3891		
	3	0,01000	0,014	0,014	0,014	0,0140	0,0000	0,4185		
45	1	0,01000	0,012	0,011	0,012	0,0117	0,0006	0,3157	0,3255	0,0170
	2	0,01000	0,012	0,012	0,011	0,0117	0,0006	0,3157		
	3	0,01000	0,012	0,012	0,013	0,0123	0,0006	0,3451		
60	1	0,01000	0,011	0,011	0,011	0,0110	0,0000	0,2863	0,2961	0,0085
	2	0,01000	0,011	0,011	0,012	0,0113	0,0006	0,3010		
	3	0,01000	0,012	0,011	0,011	0,0113	0,0006	0,3010		
75	1	0,01000	0,010	0,009	0,010	0,0097	0,0006	0,2276	0,2374	0,0170
	2	0,01000	0,010	0,010	0,009	0,0097	0,0006	0,2276		
	3	0,01000	0,010	0,011	0,010	0,0103	0,0006	0,2570		
90	1	0,01000	0,008	0,009	0,009	0,0087	0,0006	0,1836	0,1884	0,0224
	2	0,01000	0,009	0,008	0,008	0,0083	0,0006	0,1689		
	3	0,01000	0,009	0,010	0,009	0,0093	0,0006	0,2129		
120	1	0,01000	0,006	0,007	0,006	0,0063	0,0006	0,0808	0,0906	0,0170
	2	0,01000	0,007	0,007	0,007	0,0070	0,0000	0,1101		
	3	0,01000	0,006	0,006	0,007	0,0063	0,0006	0,0808		
180	1	0,01000	0,006	0,007	0,006	0,0063	0,0006	0,0808	0,0857	0,0085
	2	0,01000	0,006	0,007	0,007	0,0067	0,0006	0,0954		
	3	0,01000	0,007	0,006	0,006	0,0063	0,0006	0,0808		

Perhitungan nilai C_e

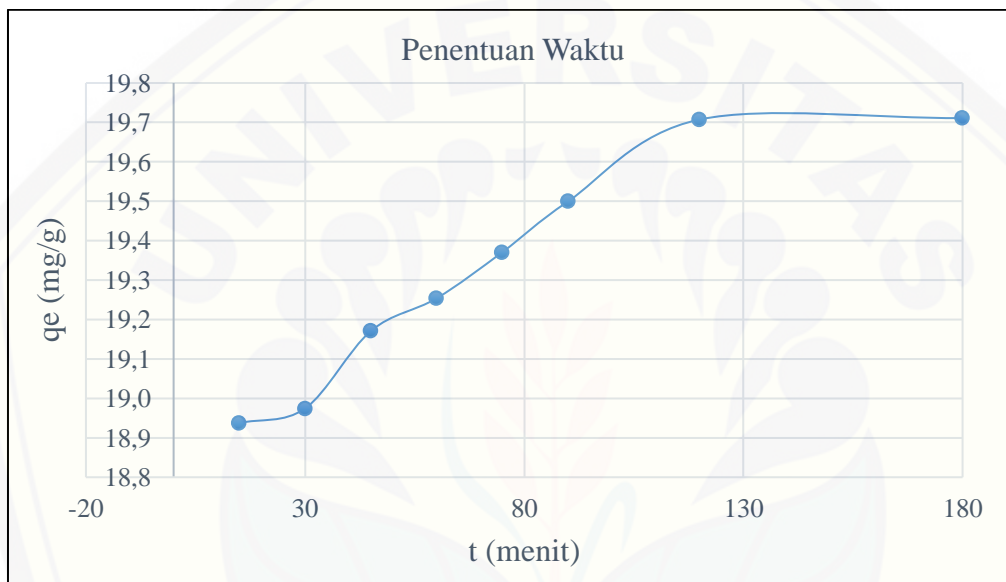
$$y = 0,0227x + 0,0045$$

$$\text{nilai adsorbansi} = 0,0227 \cdot C_e + 0,0045$$

$$C_e = \frac{(0,0153 - 0,0045)}{0,0227}$$

$$C_e = 0,4772 \text{ ppm}$$

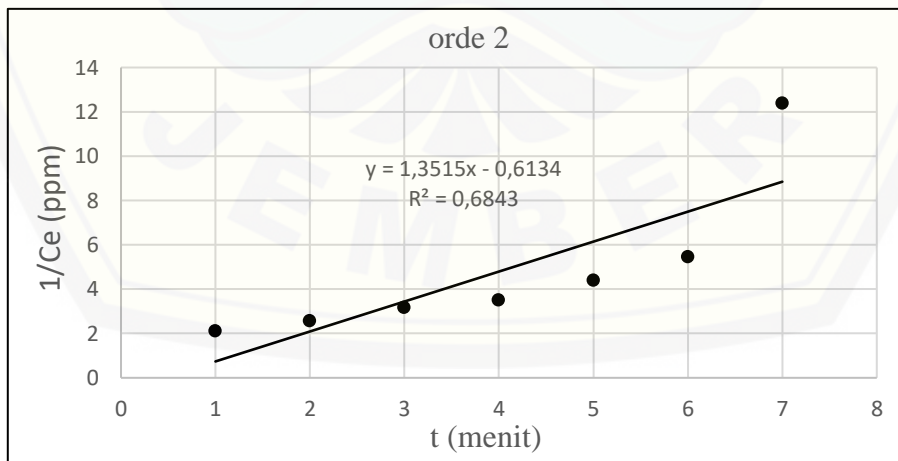
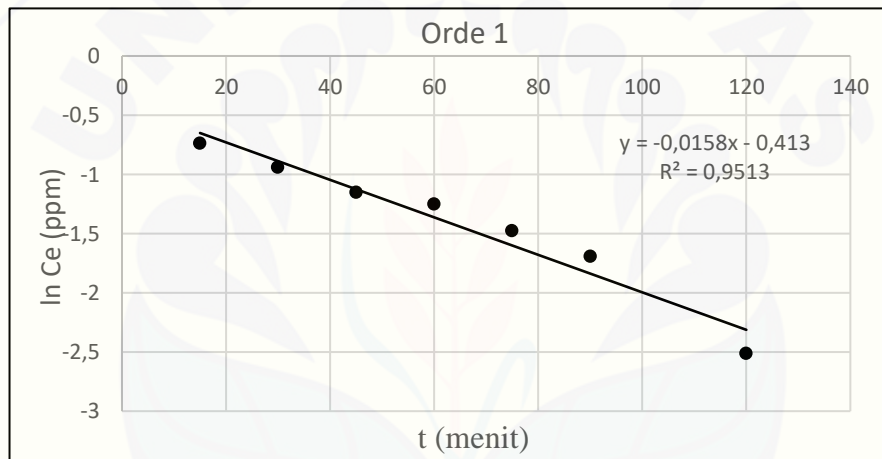
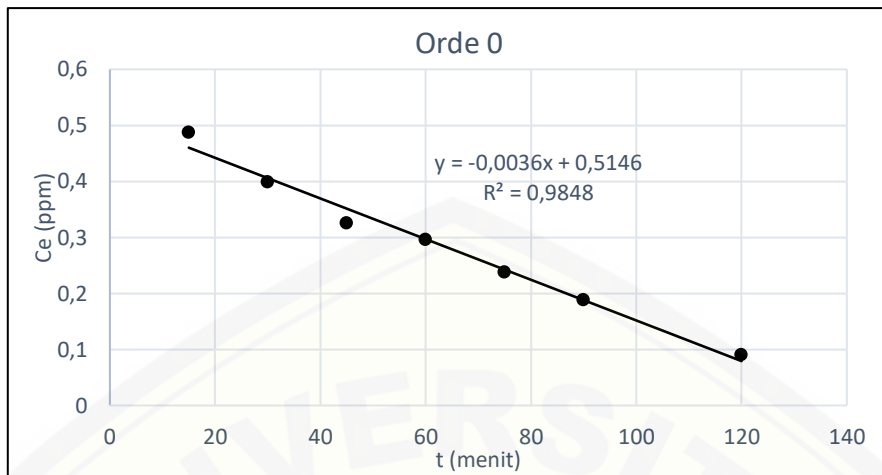
B.2.1.1 Grafik Penentuan Waktu



B.2.2 Data Penentuan Orde Reaksi Adsorpsi *Kitosan Beads* Termodifikasi formaldehida 37%

waktu (menit)	Ce rata – rata (ppm)	Ln Ce	1/Ce
15	0,487029	-0,73974	2,095385
30	0,398923	-0,94383	2,569811
45	0,325502	-1,15292	3,167442
60	0,296133	-1,25056	3,492308
75	0,237396	-1,48014	4,393548
90	0,188448	-1,69525	5,448000
120	0,090553	-2,51623	12,38182
180	0,085658	-2,51623	12,38182

B.2.2.1 Grafik Orde reaksi Adsorpsi *Kitosan Beads* Termodifikasi formaldehida 37%



B.3 Data Model Isoterm Adsorpsi Kitosan *Beads* Termodifikasi formaldehidaB.3.1 Kitosan *Beads* tanpa Formaldehida

Konsentrasi Cu (Co) (ppm)	botol	Absorbansi Cu sisa	m adsorben (g)	Konsentrasi Cu sisa (Ce) (ppm)			Co - Ce (ppm)	Jumlah Cu terserap (qe) (mg/g)	Ce/qe (g/L)	rata - rata (Ce/qe) (g/L)		ln Ce	rata - rata ln Ce		ln qe	rata - rata ln qe	
				Ce (ppm)	Ce rata - rata (ppm)	SD				SD	SD		SD				
6	1	0,0063	0,01008	0,08076			5,91924	11,745	0,0069			-2,52			2,46		
	2	0,0070	0,01003	0,11013	0,095	0,01	5,88987	11,745	0,0094	0,008	0,001	-2,21	-2,36	0,155	2,46	2,46	0,001
	3	0,0067	0,01004	0,09545			5,90455	11,762	0,0081			-2,35			2,46		
7	1	0,0073	0,01006	0,12482			6,87518	13,668	0,0091			-2,08			2,62		
	2	0,0080	0,01011	0,15419	0,135	0,02	6,84581	13,543	0,0114	0,01	0,001	-1,87	-2,01	0,122	2,61	2,61	0,005
	3	0,0073	0,01010	0,12482			6,87518	13,614	0,0092			-2,08			2,61		
8	1	0,0080	0,01013	0,15419			7,84581	15,490	0,0100			-1,87			2,74		
	2	0,0083	0,01006	0,16887	0,164	0,01	7,83113	15,569	0,0108	0,010	0,001	-1,78	-1,81	0,053	2,75	2,74	0,003
	3	0,0083	0,01009	0,16887			7,83113	15,523	0,0109			-1,78			2,74		
9	1	0,0093	0,01016	0,21292			8,78708	17,297	0,0123			-1,55			2,85		
	2	0,0093	0,01006	0,21292	0,218	0,01	8,78708	17,469	0,0122	0,012	0,001	-1,55	-1,52	0,039	2,86	2,85	0,005
	3	0,0097	0,01011	0,22761			8,77239	17,354	0,0131			-1,48			2,85		
10	1	0,0107	0,01005	0,27166			9,72834	19,360	0,0140			-1,30			2,96		
	2	0,0110	0,01002	0,28634	0,281	0,01	9,71366	19,389	0,0148	0,015	0,0004	-1,25	-1,27	0,030	2,96	2,96	0,003
	3	0,0110	0,01008	0,28634			9,71366	19,273	0,0149			-1,25			2,96		

Perhitungan nilai q_e

$$q_e = \frac{(C_o - C_e)xV}{\text{massa adsorben}}$$

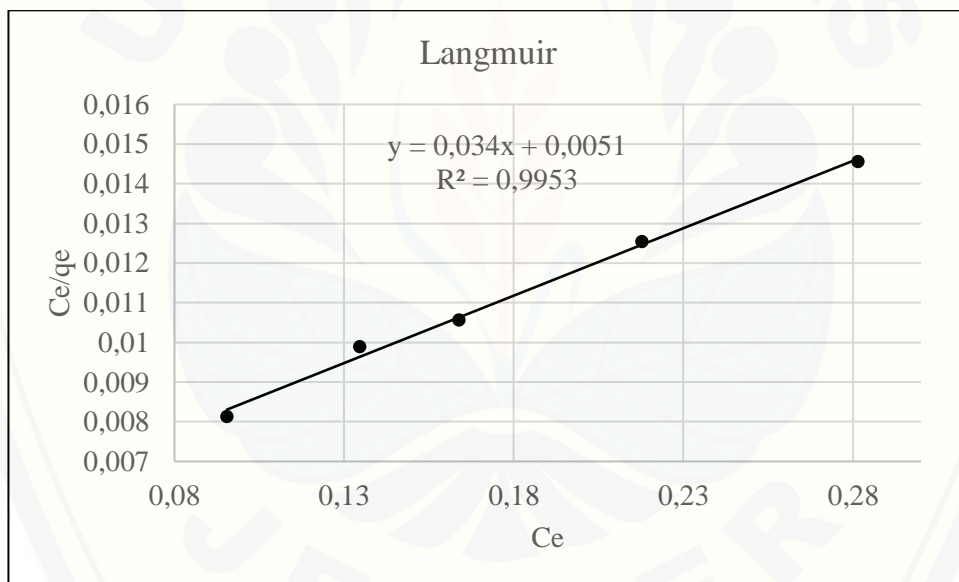
$$q_e = \frac{5,91924 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,01008 \text{ g}}$$

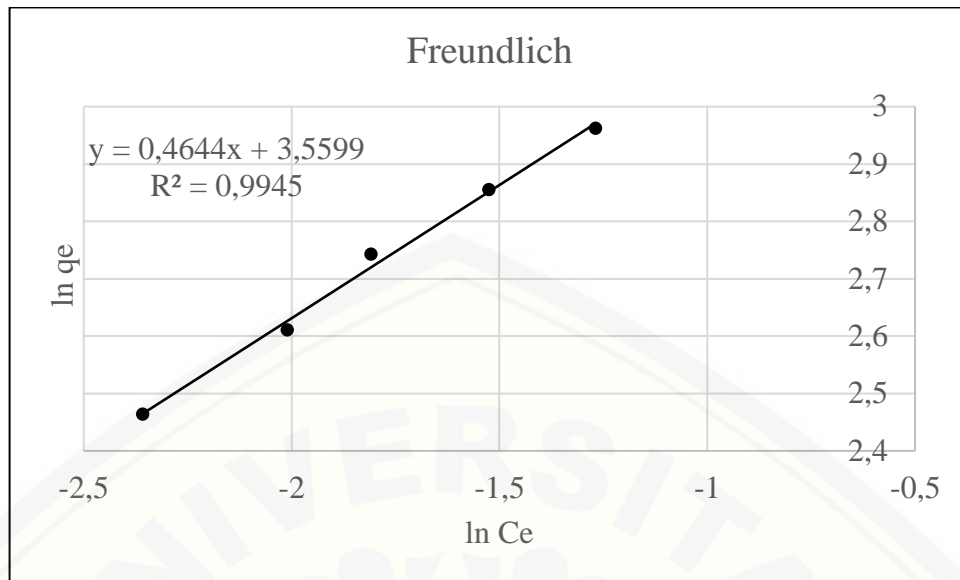
$$q_e = 11,74452 \text{ mgg}^{-1}$$

Perhitungan $\frac{C_e}{q_e}$

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{0,08076 \text{ mg/L}}{11,745 \text{ mg/g}} = 0,0081 \text{ g/L}$$

B.3.1.1 Grafik Isoterm Adsorpsi Kitosan *beads* tanpa formaldehida





Mengikuti model isoterm adsorpsi Langmuir, dengan persamaan :

$$Y = 0,034x + 0,0051$$

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q} C_e + \frac{1}{k_1 q}$$

Sehingga perhitungan nilai q sebagai berikut :

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{k_1 q} + \frac{1}{q} C_e$$

$$m = \frac{1}{q}$$

$$q = \frac{1}{0,034} = 29,41 \text{ gmol}$$

Perhitungan nilai k_1

$$Y = 0,034x + 0,0051$$

$$C = \frac{1}{k_1 \cdot q}$$

$$k_1 = \frac{1}{C \cdot q}$$

$$k_1 = \frac{1}{0,0051 \times 29,41} = 6,67 \text{ mg/g}$$

B.3.2 Kitosan *Beads* termodifikasi Formaldehida 23%

Konsentrasi Cu (Co) (ppm)	botol	Absorbansi Cu sisa	m adsorben (g)	Konsentrasi Cu sisa (Ce) (ppm)			Co - Ce (ppm)	Jumlah Cu tersera p (qe) (mg/g)	Ce/qe (g/L)	rata - rata (Ce/qe) (g/L)	SD	ln Ce	rata - rata ln Ce	SD	ln qe	rata - rata ln qe	SD
				Ce	Ce rata - rata	SD											
6	1	0,0057	0,01025	0,0514			5,95	11,607	0,0044			-2,97			2,45		
	2	0,0053	0,01031	0,0367	0,042	0,01	5,96	11,568	0,0032	0,00356	0,001	-3,30	-3,192	0,194	2,45	2,459	0,017
	3	0,0053	0,01000	0,0367				5,96	11,927	0,0031			-3,30			2,48	
7	1	0,0067	0,01000	0,0954			6,90	13,809	0,0069			-2,35			2,63		
	2	0,0070	0,01024	0,1101	0,095	0,01	6,89	13,457	0,0082	0,00704	0,001	-2,21	-2,357	0,155	2,60	2,607	0,016
	3	0,0063	0,01032	0,0808				6,92	13,409	0,0060			-2,52			2,60	
8	1	0,0083	0,01003	0,1689			7,83	15,615	0,0108			-1,78			2,75		
	2	0,0087	0,01004	0,1836	0,174	0,01	7,82	15,571	0,0118	0,0112	0,001	-1,70	-1,750	0,048	2,75	2,742	0,009
	3	0,0083	0,01020	0,1689				7,83	15,355	0,0110			-1,78			2,73	
9	1	0,0087	0,01013	0,1836			8,82	17,407	0,0105			-1,70			2,86		
	2	0,0093	0,01013	0,2129	0,198	0,01	8,79	17,349	0,0123	0,01144	0,001	-1,55	-1,620	0,074	2,85	2,852	0,005
	3	0,0090	0,01021	0,1982				8,80	17,241	0,0115			-1,62			2,85	
10	1	0,0103	0,01002	0,2570			9,74	19,447	0,0132			-1,36			2,97		
	2	0,0107	0,01011	0,2717	0,262	0,01	9,73	19,245	0,0141	0,01354	0,001	-1,30	-1,340	0,032	2,96	2,962	0,005
	3	0,0103	0,01009	0,2570				9,74	19,312	0,0133			-1,36			2,96	

Perhitungan nilai q_e

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)xV}{\text{massa adsorben}}$$

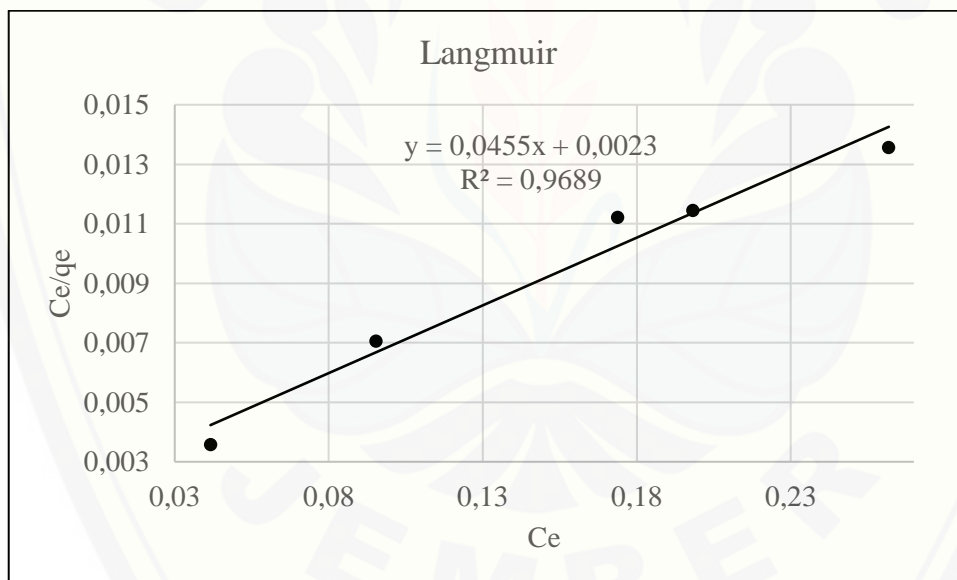
$$q_e = \frac{5,59 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,01025 \text{ g}}$$

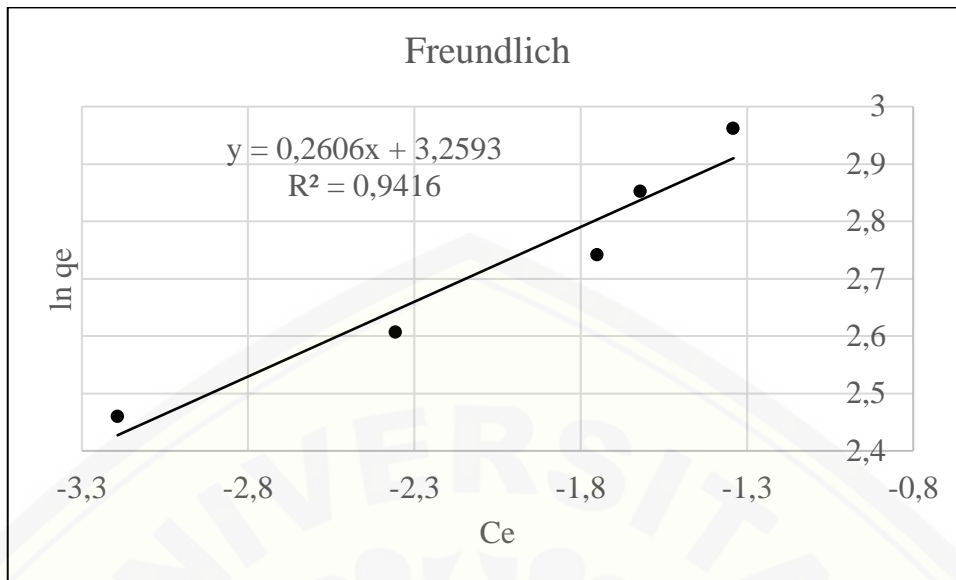
$$q_e = 11,607 \text{ mg g}^{-1}$$

Perhitungan $\frac{C_e}{q_e}$

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{0,0514 \text{ mg/L}}{11,607 \text{ mg/g}} = 0,0044 \text{ g/L}$$

B.3.2.1 Grafik Isoterm Adsorpsi Kitosan *beads* + formaldehida 23%





Mengikuti model isoterm adsorpsi Langmuir, dengan persamaan :

$$Y = 0,0455x + 0,0023$$

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q} C_e + \frac{1}{k_1 q}$$

Sehingga perhitungan nilai q sebagai berikut :

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{k_1 q} + \frac{1}{q} C_e$$

$$m = \frac{1}{q}$$

$$q = \frac{1}{0,0455} = 21,98 \text{ gmol}$$

Perhitungan nilai k_1

$$Y = 0,0455x + 0,0023$$

$$C = \frac{1}{k_1 \cdot q}$$

$$k_1 = \frac{1}{C \cdot q}$$

$$k_1 = \frac{1}{0,0023 \times 21,98} = 19,78 \text{ mg/g}$$

B.3.3 Kitosan *Beads* termodifikasi Formaldehida 30%

Konsentrasi Cu (Co) (ppm)	botol	Absorbansi Cu Sisa	m adsorben (g)	Konsentrasi Cu sisa (Ce) (ppm)			Co - Ce (ppm)	Jumlah Cu terserap (qe) (mg/g)	Ce/qe (g/L)	rata - rata (Ce/qe) (g/L)	SD	ln Ce	rata - rata ln Ce	SD	ln qe	rata - rata ln qe	SD
				Ce	Ce rata - rata	SD											
6	1	0,0047	0,01026	0,0073			5,99	11,682	0,0006			-4,91			2,46		
	2	0,0047	0,01024	0,0073	0,0122	0,01	5,99	11,704	0,0006	0,0011	0,001	-4,91	-4,55	0,634	2,46	2,45	0,015
	3	0,0050	0,01049	0,0220			5,98	11,397	0,0019			-3,82			2,43		
7	1	0,0063	0,01028	0,0808			6,92	13,462	0,0060			-2,52			2,60		
	2	0,0063	0,01008	0,0808	0,0857	0,01	6,92	13,729	0,0059	0,0063	0,001	-2,52	-2,46	0,096	2,62	2,60	0,013
	3	0,0067	0,01031	0,0954			6,90	13,394	0,0071			-2,35			2,59		
8	1	0,0067	0,01039	0,0954			7,90	15,216	0,0063			-2,35			2,72		
	2	0,0063	0,01014	0,0808	0,0954	0,01	7,92	15,620	0,0052	0,0062	0,001	-2,52	-2,36	0,155	2,75	2,74	0,015
	3	0,0070	0,01011	0,1101			7,89	15,608	0,0071			-2,21			2,75		
9	1	0,0083	0,01013	0,1689			8,83	17,436	0,0097			-1,78			2,86		
	2	0,0090	0,01011	0,1982	0,1884	0,02	8,80	17,412	0,0114	0,0109	0,001	-1,62	-1,67	0,093	2,86	2,85	0,010
	3	0,0090	0,01028	0,1982			8,80	17,124	0,0116			-1,62			2,84		
10	1	0,0093	0,01013	0,2129			9,79	19,323	0,0110			-1,55			2,96		
	2	0,0097	0,01009	0,2276	0,2178	0,01	9,77	19,370	0,0118	0,0113	0,0004	-1,48	-1,52	0,039	2,96	2,96	0,005
	3	0,0093	0,01021	0,2129			9,79	19,172	0,0111			-1,55			2,95		

Perhitungan nilai q_e

$$q_e = \frac{(C_o - C_e)xV}{\text{massa adsorben}}$$

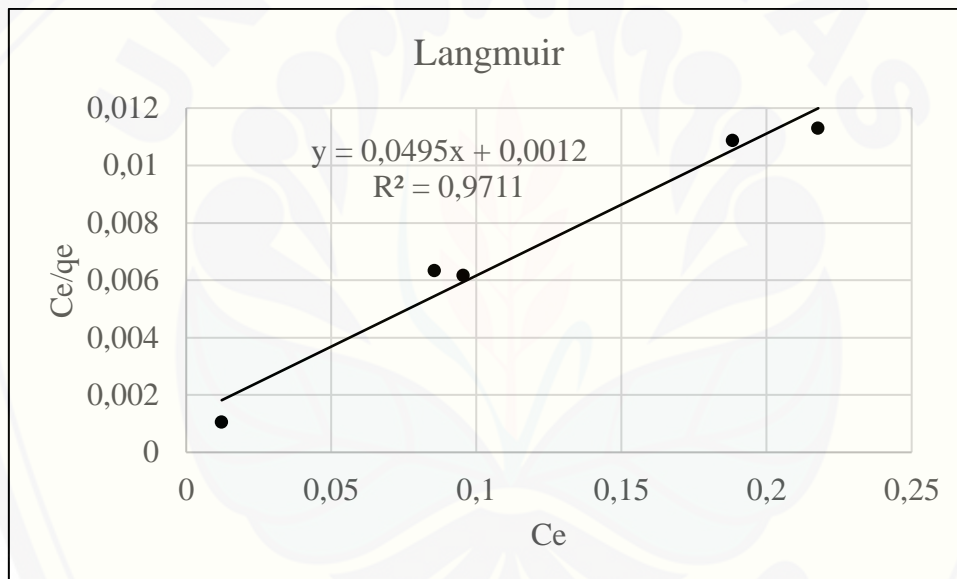
$$q_e = \frac{5,99 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,01026 \text{ g}}$$

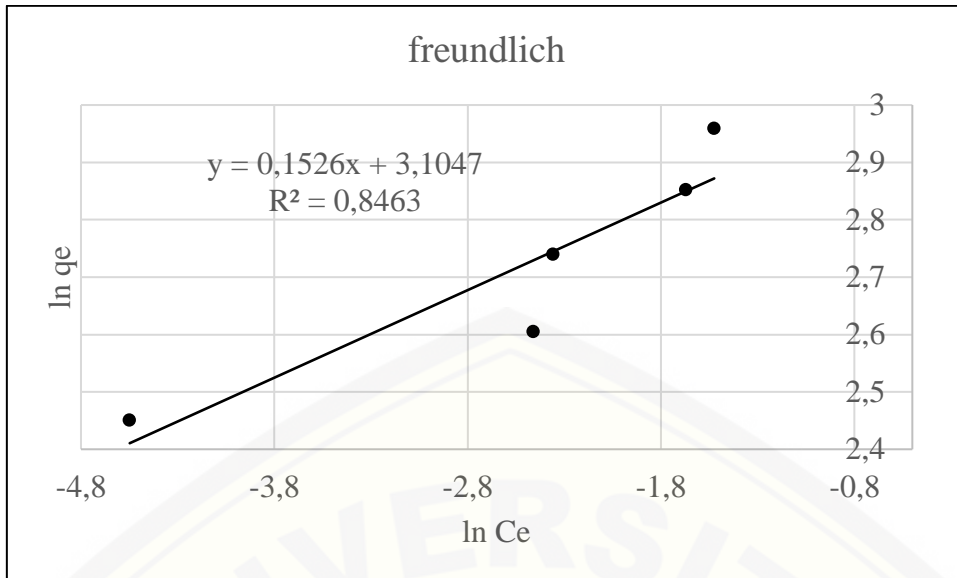
$$q_e = 11,682 \text{ mg g}^{-1}$$

Perhitungan $\frac{C_e}{q_e}$

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{0,0073 \text{ mg/L}}{11,682 \text{ mg/g}} = 0,0006 \text{ g/L}$$

B.3.3.1 Grafik Isoterm Adsorpsi Kitosan *beads* + formaldehida 30%





Mengikuti model isoterm adsorpsi Langmuir, dengan persamaan :

$$Y = 0,0495x + 0,0012$$

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q} C_e + \frac{1}{k_1 q}$$

Sehingga perhitungan nilai Q sebagai berikut :

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{k_1 q} + \frac{1}{q} C_e$$

$$m = \frac{1}{q}$$

$$q = \frac{1}{0,0495} = 20,20 \text{ gmol}$$

Perhitungan nilai k_1

$$Y = 0,0495x + 0,0012$$

$$C = \frac{1}{k_1 \cdot q}$$

$$k_1 = \frac{1}{C \cdot q}$$

$$k_1 = \frac{1}{0,0012 \times 20,20} = 41,25 \text{ mg/g}$$

B.3.4 Kitosan *Beads* termodifikasi Formaldehida 37%

Konsentrasi Cu (Co) (ppm)	Botol	Absorbansi Cu Sisa	m adsorben (g)	Konsentrasi Cu sisa (Ce) (ppm)			Co - Ce (ppm)	Jumlah Cu terserap (qe) (mg/g)	Ce/qe (g/L)	rata - rata (Ce/qe) (g/L)	SD	ln Ce	rata - rata ln Ce	SD	ln qe	rata - rata ln qe	SD
				Ce	Ce rata - rata	SD											
6	1	0,0047	0,01042	0,0007			6,00	11,515	0,0001			-7,22			2,44		
	2	0,0047	0,01035	0,0007	0,001	0,0000	6,00	11,593	0,0001	0,0001	0,00000	-7,22	-7,22	0,000	2,45	2,45	0,004
	3	0,0047	0,01041	0,0007				6,00	11,526	0,0001			-7,22			2,44	
7	1	0,0073	0,01038	0,0125			6,99	13,463	0,0009			-4,38			2,60		
	2	0,0077	0,01032	0,0140	0,013	0,0008	6,99	13,539	0,0010	0,0010	0,00006	-4,27	-4,31	0,064	2,61	2,60	0,004
	3	0,0077	0,01031	0,0140				6,99	13,552	0,0010			-4,27			2,61	
8	1	0,0090	0,01023	0,0198			7,98	15,602	0,0013			-3,92			2,75		
	2	0,0093	0,01032	0,0213	0,021	0,0015	7,98	15,463	0,0014	0,0014	0,00011	-3,85	-3,85	0,069	2,74	2,74	0,010
	3	0,0097	0,01043	0,0228				7,98	15,297	0,0015			-3,78			2,73	
9	1	0,0140	0,01036	0,0419			8,96	17,294	0,0024			-3,17			2,85		
	2	0,0133	0,01045	0,0389	0,040	0,0017	8,96	17,150	0,0023	0,0023	0,00010	-3,25	-3,22	0,042	2,84	2,85	0,011
	3	0,0133	0,01023	0,0389				8,96	17,519	0,0022			-3,25			2,86	
10	1	0,0143	0,01036	0,0433			9,96	19,221	0,0023			-3,14			2,96		
	2	0,0150	0,01024	0,0463	0,045	0,0015	9,95	19,441	0,0024	0,0023	0,00006	-3,07	-3,11	0,033	2,97	2,96	0,008
	3	0,0147	0,01039	0,0448				9,96	19,163	0,0023			-3,11			2,95	

Perhitungan nilai q_e

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e) \times V}{\text{massa adsorben}}$$

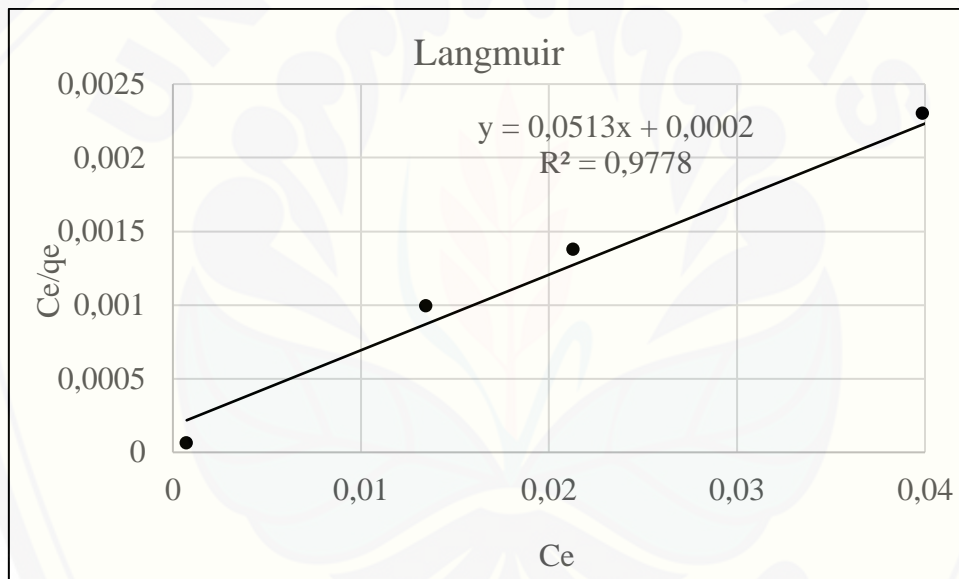
$$q_e = \frac{6,00 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,010042 \text{ g}}$$

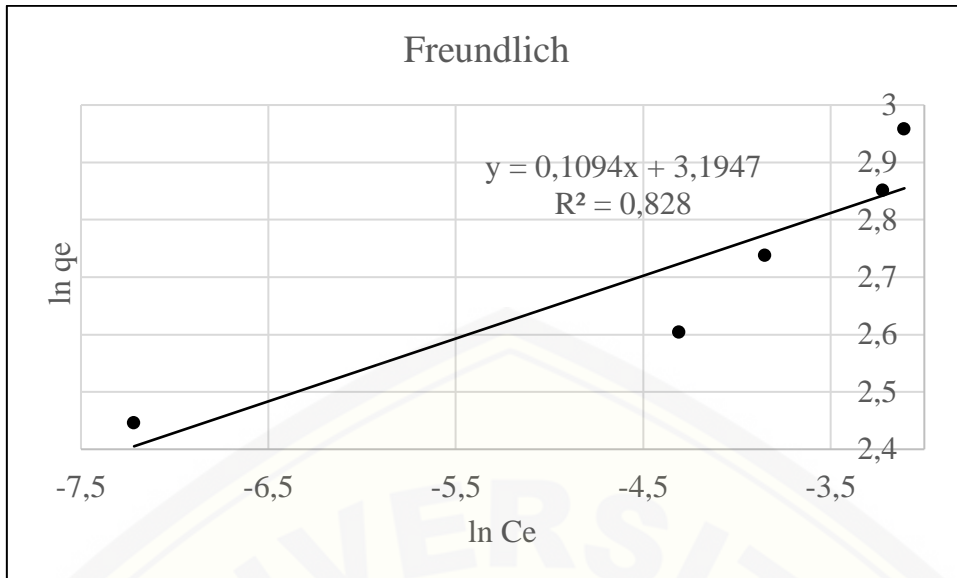
$$q_e = 11,515 \text{ mg g}^{-1}$$

Perhitungan $\frac{C_e}{q_e}$

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{0,0007 \text{ mg/L}}{11,515 \text{ mg/g}} = 0,0001 \text{ g/L}$$

B.3.4.1 Grafik Isoterm Adsorpsi Kitosan *beads* + Formaldehida 37%





Mengikuti model isoterm adsorpsi Langmuir, dengan persamaan :

$$Y = 0,0513x + 0,0002$$

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{k_1 q} C_e + \frac{1}{k_1 q}$$

Sehingga perhitungan nilai Q sebagai berikut :

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{k_1 q} + \frac{1}{q} C_e$$

$$m = \frac{1}{q}$$

$$q = \frac{1}{0,0513} = 19,5 \text{ gmol}$$

Perhitungan nilai k_1

$$Y = 0,0513x + 0,0002$$

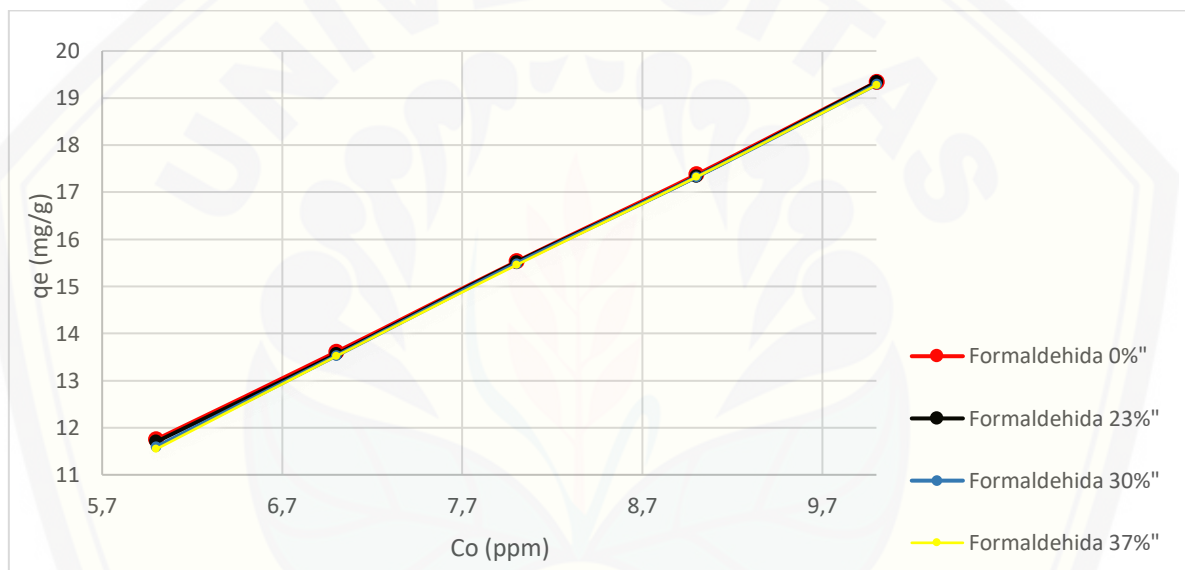
$$C = \frac{1}{k_1 \cdot q}$$

$$k_1 = \frac{1}{C \cdot q}$$

$$k_1 = \frac{1}{0,0002 \times 19,5} = 256,5 \text{ mg/g}$$

B.4 Data Kemampuan Adsorpsi Kitosan *Beads* Termodifikasi formaldehida

konsentrasi awal Cu (ppm)	Jumlah Cu yang terserap (q_e) (mg/g)			
	kitosan <i>bead</i> tanpa formaldehida	kitosan <i>beads</i> + formaldehida 23%	kitosan <i>beads</i> + formaldehida 30%	kitosan <i>beads</i> + formaldehida 37%
6	11,75036	11,70053	11,59449	11,54455
7	13,60841	13,55842	13,52803	13,51809
8	15,52722	15,51373	15,48118	15,45362
9	17,37354	17,33223	17,32388	17,32112
10	19,34052	19,33479	19,28832	19,27512

B.4.1 Grafik Kemampuan Adsorpsi Kitosan *Beads* Termodifikasi formaldehida

B.4 Data Porositas

B.4.1 Data Massa Jenis Aquademin

Ulangan	m pikno kosong (g)	rata - rata (g)	SD	voluma aquademin (mL)	m pikno + aquademin (g)	rata - rata (g)	SD	(ρ_w) massa jenis aquademin (g/mL)	rata - rata ρ_w (g/mL)	SD
1	31,097			0,469	41,516			0,995		
2	31,097			0,469	41,516			0,995		
3	31,097	31,09727	0,0004	0,469	41,517	41,51633	0,00024	0,995	0,995	0,00004
4	31,098			0,469	41,516			0,995		
5	31,097			0,469	41,516			0,995		

Contoh perhitungan massa jenis aquademin

$$\rho = \frac{m_{aq}}{V_{aq}}$$

$$\rho = \frac{m_{pikno+aquademin} - m_{pikno\ kosong}}{V_{aq}}$$

$$\rho = \frac{41,516\ g - 31,097\ g}{10,469\ mL} = 0,995\ g/mL$$

B.4.2 Data Massa Jenis Kitosan *Beads* Termodifikasi Formaldehida

Jenis <i>Beads</i>		m kitosan <i>beads</i> (g)	V awal (mL)	V akhir (mL)	ΔV (mL)	ρ_{beads} (ρ_b) (g/mL)	rata - rata	SD
kitosan + formaldehida 0%	1	0,322	4,0	4,30	0,30	1,073	1,075	0,002357
	2	0,323	4,0	4,30	0,30	1,077		
kitosan + formaldehida 23%	1	0,251	4,0	4,20	0,20	1,255	1,258	0,003536
	2	0,252	4,6	4,80	0,20	1,260		
kitosan + formaldehida 30%	1	0,285	4,0	4,20	0,20	1,425	1,418	0,010607
	2	0,282	4,0	4,20	0,20	1,410		
kitosan + formaldehida 37%	1	0,079	4,0	4,05	0,05	1,580	1,58	

Contoh perhitungan untuk mendapatkan nilai massa jenis *beads*

$$\rho_b = \frac{m_{beads}}{V_{beads}} = \frac{0,322 \text{ g}}{0,3 \text{ mL}} = 1,073 \text{ gmL}^{-1}$$

B.4.3 Data Porositas Kitosan *Beads* Termodifikasi Formaldehida

Sampel	ρ aquademin (ρ_w) (g/mL)	m <i>beads</i> kering (Wd) (g)	m <i>beads</i> basah (Ww) (g)	massa jenis <i>beads</i> (ρ_b) (g/mL)	$\frac{W_w - W_d}{\rho_w}$ $\frac{W_w - W_d}{\rho_w} + \frac{W_d}{\rho_b}$ Porositas			rata - rata ϵ (%)	SD	
					ϵ (%)	ϵ (%)	ϵ (%)			
kitosan <i>beads</i> F0	0,995	1	0,011	0,018	1,075	0,007	0,018	41,870	41,170	0,640
		2	0,011	0,018		0,007	0,017	40,742		
		3	0,010	0,017		0,007	0,016	41,870		
		4	0,011	0,018		0,007	0,017	40,742		
		5	0,010	0,016		0,006	0,016	40,627		
kitosan <i>beads</i> F23	0,995	1	0,011	0,017	1,258	0,006	0,014	39,442	39,324	0,639
		2	0,010	0,015		0,005	0,013	40,274		
		3	0,010	0,015		0,005	0,013	38,732		
		4	0,011	0,017		0,006	0,014	39,442		
		5	0,010	0,015		0,005	0,013	38,732		
kitosan <i>beads</i> F30	0,995	1	0,010	0,013	1,418	0,003	0,010	32,205	32,628	0,946
		2	0,011	0,015		0,004	0,011	32,205		
		3	0,01	0,013		0,003	0,010	32,205		
		4	0,011	0,015		0,004	0,011	32,205		
		5	0,01	0,014		0,004	0,011	34,321		
kitosan <i>beads</i> F37	0,995	1	0,011	0,013	1,580	0,002	0,009	19,394	19,669	0,707
		2	0,01	0,012		0,002	0,008	20,927		
		3	0,011	0,013		0,002	0,009	19,394		
		4	0,01	0,012		0,002	0,008	19,237		
		5	0,011	0,013		0,002	0,009	19,394		

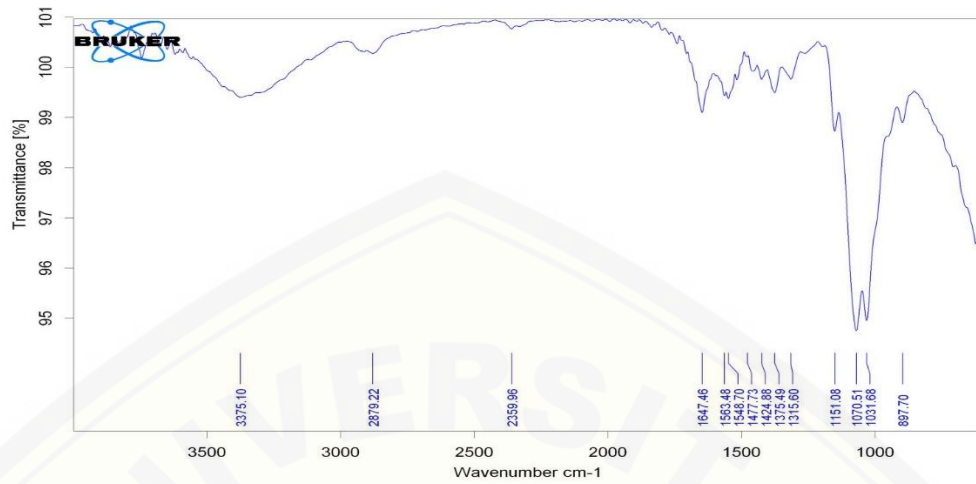
Contoh perhitungan porositas

$$\epsilon = \frac{\frac{W_w - W_d}{\rho_w}}{\frac{W_w - W_d}{\rho_w} + \frac{W_d}{\rho_b}} \times 100\% = \frac{0,007 \text{ mL}}{0,007 \text{ mL} + \left(\frac{0,011 \text{ g}}{1,075 \text{ g mL}^{-1}}\right)} \times 100\% = 41,870\%$$

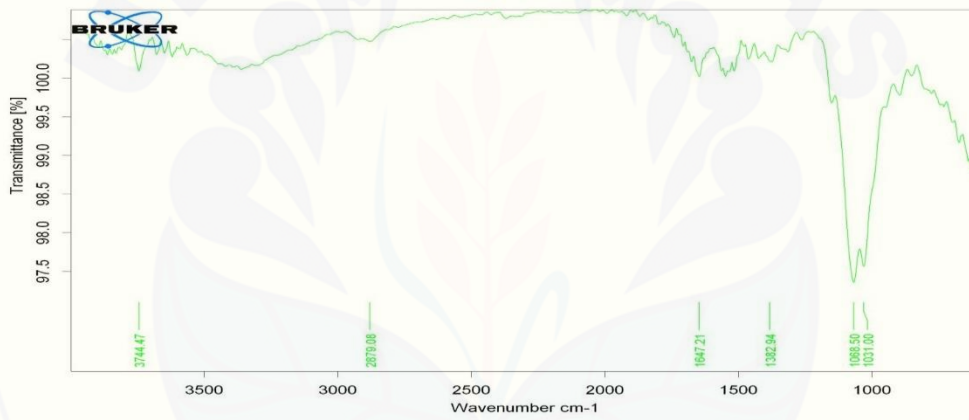


Lampiran C. Gambar spektra FTIR

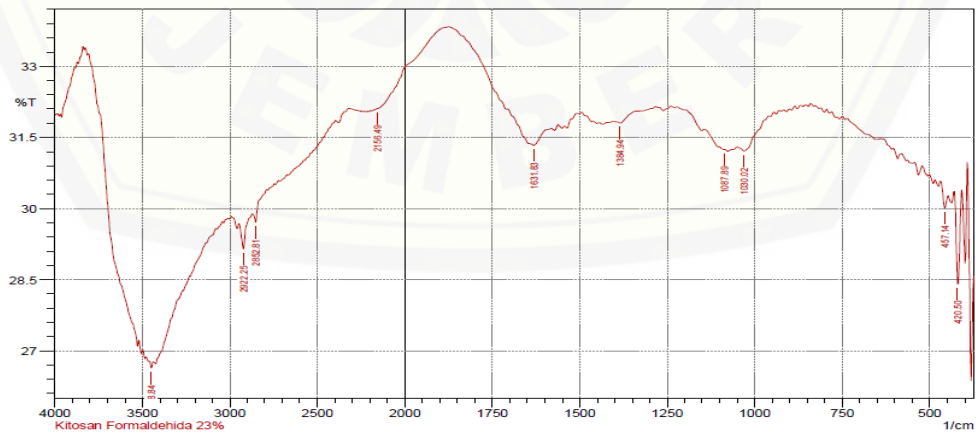
C.1 Kitosan

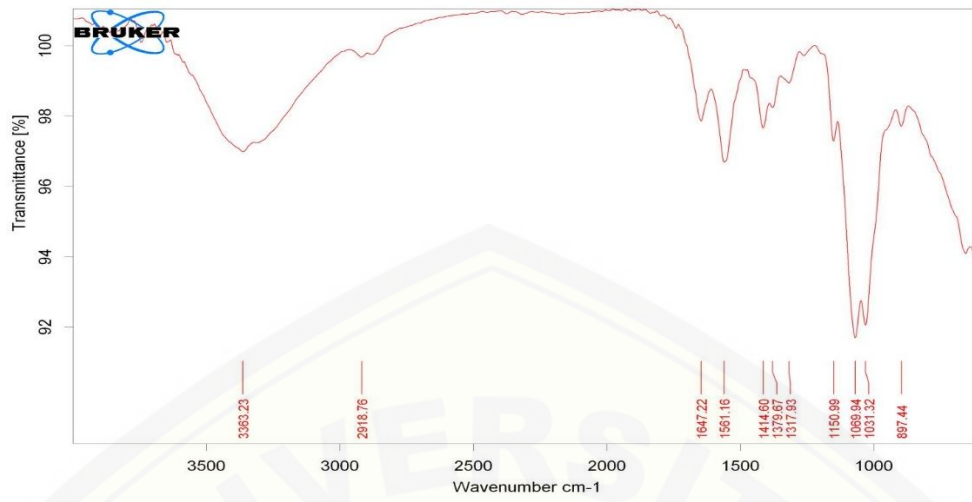


C.2 Kitosan beads tanpa Formaldehida



C.3 Kitosan beads + Formaldehida 23%



C.4 Kitosan *beads* + formaldehida 30%C.5 Kitosan *beads* + formaldehida 37%