



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENINGKATAN KINERJA KITOSAN DENGAN
PENAMBAHAN PRASEODIMIUM SEBAGAI ADSORBEN
ION FLUORIDA DALAM AIR MINUM**

SKRIPSI

GEFIN YESYA

0906604520

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
DEPOK
JUNI 2012**

UNIVERSITAS INDONESIA



**PENINGKATAN KINERJA KITOSAN DENGAN PENAMBAHAN
PRASEODIMIUM SEBAGAI ADSORBEN ION FLUORIDA
DALAM AIR MINUM**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana

GEFIN YESYA

0906604520

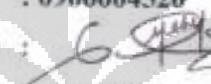
**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
DEPOK
JUNI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar

Nama : Gefin Yesya

NPM : 0906604520

Tanda Tangan : 

Tanggal : Juni 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Gefin Yesya

NPM : 0906604520

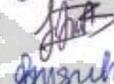
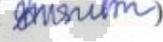
Program Studi : S1 Ekstensi

Judul Skripsi :

**PENINGKATAN KINERJA KITOSAN DENGAN PENAMBAHAN
PRASEODIMIUM SEBAGAI ADSORBEN ION FLUORIDA
DALAM AIR MINUM**

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Ekstensi Fakultas Teknik Kimia, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing	: Dr. Eny Kusriani, S.Si	()
Penguji	: Dr.Ir.Sukirno, M.Eng	()
Penguji	: M.Ibadurrohman, ST, MT, MSc. Eng	()
Penguji	: Dr.Ir.Praswasti PDK Wulan, MT	()

Ditetapkan di : Departemen Teknik Kimia

Tanggal : Juni 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya ucapkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai Gelar Sarjana Teknik Kimia Jurusan Teknik Kimia pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Widodo Wahyu Purwanto, DEA, selaku ketua Departemen Teknik Kimia FTUI.
2. Dr. Eny Kusriani, S.Si yang selalu sabar bersedia meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam membimbing penulis untuk menyelesaikan makalah skripsi ini.
3. Dr. Ir. Setiadi M.Eng selaku pembimbing akademik penulis.
4. Mama dan Papa yang selalu memberikan dukungan doa, moral, materil dan semangat hingga penulis mampu bertahan untuk menyelesaikan tugas skripsi ini.
5. Adikku tersayang Fikri yang telah memberikan doa dan semangat pada penulis.
6. Laili, Gita dan Eka yang merupakan teman sekaligus sahabat tempat penulis berkeluh kesah, terima kasih atas persahabatan yang kalian berikan.
7. Teman-teman Ekstensi Teknik Kimia angkatan 2009, terima kasih atas kebersamaan dan pertemanannya selama ini.
8. Semua pihak yang telah membantu penyusunan skripsi ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, Juni 2012

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Gefin Yesya
NPM : 0906604520
Program Studi : Ekstensi
Departemen : Teknik Kimia
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

PENINGKATAN KINERJA KITOSAN DENGAN PENAMBAHAN PRASEODIMIUM SEBAGAI ADSORBEN ION FLUORIDA DALAM AIR MINUM

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pengkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada Tanggal : Juni 2012
Yang menyatakan



ABSTRAK

Nama : Gefin Yesya
Program Studi : Teknik Kimia
Judul : Peningkatan Kinerja Kitosan dengan Penambahan Praseodimium sebagai Adsorben Ion Fluorida dalam Air Minum.

Kelebihan kandungan ion fluorida dalam air berpotensi mencemari badan air terutama apabila badan air tersebut digunakan sebagai bahan baku air minum. Dengan mengkonsumsi air minum yang memiliki kandungan ion fluorida berlebih dapat menyebabkan berbagai macam masalah kesehatan seperti *fluorosis* gigi dan tulang. Pada penelitian ini, kitosan telah dimodifikasi dengan penambahan praseodimium (Pr^{3+}) sebagai adsorben untuk menyerap ion fluorida dalam air minum. Penambahan praseodimium bertujuan untuk meningkatkan kinerja penyerapan ion fluorida oleh kitosan. Dari hasil karakterisasi FTIR diketahui keberadaan praseodimium yang berikatan dengan gugus aktif pada kitosan dan hasil SEM-EDX juga membuktikan adanya praseodimium yang terikat pada permukaan kitosan. Proses adsorpsi dilakukan dengan menggunakan larutan ion fluorida 20 mg/L pada pH 7. Kondisi optimum untuk *loading* praseodimium dalam kitosan diperoleh pada konsentrasi praseodimium sebesar 1 g/L dengan efisiensi adsorpsi ion fluorida sebesar 72% dan kapasitas adsorpsi 7,2 mg/g. Pada uji adsorpsi diperoleh waktu kontak optimum antara adsorbat dengan adsorben berlangsung selama 60 menit dengan jumlah adsorben yang ditambahkan sebesar 0,1 g. Adanya anion kompetitor seperti Cl^- , NO_3^- , CO_3^{2-} dan SO_4^{2-} menyebabkan menurunnya efisiensi penyerapan ion fluorida menjadi 68,65%, 64,75%, 33,50% dan 58,70%. Model isoterm adsorpsi yang sesuai adalah isoterm Langmuir dan kinetika adsorpsi mengikuti pseudo orde kedua.

Kata Kunci : Kitosan, Praseodimium, Adsorpsi, Ion Fluorida

ABSTRACT

Nama : Gefin Yesya
Program Studi : Chemical Engginering
Judul : Increasing Performance of Chitosan by Addition
Praseodymium as Adsorbent Flouride Ion in Drinking Water

Excess content of fluoride ion in water potentially polluted the water bodies especially if water bodies are used as raw material for drinking water. Consuming drinking water that contains excess fluoride ion can cause a wide range of health problems such as dental fluorosis and bone. In this study, chitosan has been modified by the addition of praseodymium (Pr^{3+}) as an adsorbent to absorb fluoride ions in drinking water. The addition of praseodymium aims to improve the performance of fluoride ion uptake by chitosan. The result from FTIR characterization, note the presence of praseodymium binds to the active group on chitosan and SEM-EDX results also prove the existence of praseodymium on the surface of chitosan. Adsorption process is done using fluoride ion solution 20 mg/L at pH 7. The optimum conditions for loading of praseodymium on chitosan obtained at concentrations of praseodymium 1 g/L for efficiency adsorption of fluoride ion by 72% and the adsorption capacity of 7.2 mg/g. In the adsorption test obtained the optimum contact time between adsorbate with adsorbent lasted for 60 minutes with the amount of adsorbent was added at 0.1 g. Presence of competitor anions such as Cl^- , NO_3^- , CO_3^{2-} dan SO_4^{2-} were caused decrease in the efficiency adsorption of fluoride ion to be 68.65%, 64.75%, 33.50% and 58.70%. The best-fit adsorption model adsorption isotherms are Langmuir isotherm and the adsorption kinetics followed pseudo second order.

Keyword : Chitosan, Praseodymium, Adsorption, Fluoride Ion

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kitin	5
2.2 Kitosan.....	6
2.2.1 Struktur Kitosan	7
2.2.2 Sifat dan Kegunaan Kitosan	7
2.3 Praseodimium	8
2.4 Ion Fluorida.....	9
2.4.1 Efek yang Ditimbulkan Ion Fluorida dalam Air Minum.....	9
2.5 Adsorpsi	11
2.5.1 Adsorben.....	12
2.5.2 Isoterm Adsorpsi.....	13
2.5.2.1 Isoterm Langmuir	14
2.5.2.2 Isoterm Freundlich	15
2.5.3 Kinetika Adsorpsi	15
2.5.4 Tipe-Tipe Sistem Adsorpsi	16
2.5.5 Adsorpsi Ion Fluorida.....	16
2.6 Analisa Sampel.....	17
2.6.1 <i>Fourier-Transform Infra Red</i> (FTIR).....	17
2.6.2 <i>Scanning Electron Microscope & Energy Dispersive X-ray</i> (SEM-EDX).....	19
2.6.3 <i>Ion Selective Electrode</i> (ISE).....	20
2.7 Penelitian Tentang Adsorpsi Ion Fluorida	20
2.8 Penelitian Saat Ini	24

BAB 3 METODE PENELITIAN.....	25
3.1 Rancangan Penelitian	25
3.2 Peralatan dan Bahan	26
3.3 Variabel Penelitian	27
3.4 Prosedur Penelitian	27
3.4.1 Sintesis Kitosan-Praseodimium	28
3.4.2 Adsorpsi Ion Fluorida Menggunakan Kitosan-Praseodimium	29
3.4.3 Pengaruh Beberapa Variabel Terhadap Adsorpsi Ion Fluorida ..	30
3.4.3.1 Waktu Kontak	30
3.4.3.2 Dosis Adsorben	31
3.4.3.3 Konsentrasi Awal Ion Fluorida	31
3.4.3.3 Anion Kompetitor	32
3.5 Prosedur Pengambilan Sampel dan Analisis Data	32
3.5.1 Karakteristik Kitosan-Praseodimium	33
3.5.2 Penentuan Kandungan Ion Fluorida Dalam Air	34
3.6 Teknik Pengolahan Data	34
3.6.1 Kapasitas dan Efisiensi Adsorpsi Ion Fluorida	34
3.6.2 Penentuan Isoterm Adsorpsi	35
3.6.3 Penentuan Model Kinetika Adsorpsi	36
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Sintesis Kitosan-Praseodimium	37
4.2 Karakterisasi Kitosan-Praseodimium	38
4.2.1 Identifikasi Gugus Fungsi Kitosan-Praseodimium	39
4.2.2 Identifikasi Morfologi dan Kandungan Unsur Kitosan-Praseodimium	41
4.3 Adsorpsi Ion Fluorida Menggunakan Kitosan-Praseodimium	43
4.4 Pengaruh Beberapa Variabel Terhadap Kinerja Kitosan-Praseodimium.....	45
4.4.1 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Adsorpsi Ion Fluorida	45
4.4.2 Pengaruh Dosis Adsorben Terhadap Adsorpsi Ion Fluorida	47
4.4.3 Pengaruh Konsentrasi Awal Ion Fluorida Terhadap Adsorpsi Ion Fluorida	49
4.4.4 Pengaruh Anion Kompetitor Terhadap Adsorpsi Ion Fluorida	50
4.5 Penentuan Isoterm Adsorpsi dan Model Kinetika Adsorpsi.....	51
4.5.1 Isoterm Adsorpsi	51
4.5.2 Kinetika Adsorpsi	53
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur Kimia Kitin	5
Gambar 2.2	Sruktur Kimia Kitosan	7
Gambar 2.3	Beberapa Jenis Isoterm Adsorpsi	14
Gambar 3.1	Rancangan Penelitian	25
Gambar 3.2	Diagram alir proses sintesis kitosan-praseodimiun	28
Gambar 3.3	Diagram alir uji adsorpsi ion fluorida	29
Gambar 3.4	Diagram alir uji waktu kontak pada adsorpsi ion fluorida	30
Gambar 3.5	Diagram alir penentuan dosis adsorben pada adsorpsi ion fluorida	31
Gambar 3.6	Diagram alir pengaruh konsentrasi awal ion fluorida pada adsorpsi ion fluorida	32
Gambar 3.7	Diagram alir pengaruh anion kompetitor pada adsorpsi ion fluorida	33
Gambar 4.1	FTIR (a) kitosan (b) kitosan-0,3g/L Pr (c) kitosan-0,6g/L Pr (d) kitosan-1,0g/L Pr (e) kitosan-1,3g/L Pr dan (f) kitosan - 1,6g/L Pr	39
Gambar 4.2	Foto SEM (a) Kitosan dan (b) Kitosan-Pr dengan perbesaran 1500x	41
Gambar 4.3	EDX permukaan (a) Kitosan dan (b) Kitosan-Pr.....	42
Gambar 4.4	Hubungan variasi konsentrasi Pr terhadap efisiensi adsorpsi ion fluorida dengan konsentrasi awal ion fluorida 20 mg/L pada pH 7.....	44
Gambar 4.5	Hubungan waktu kontak terhadap efisiensi adsorpsi ion fluorida dengan konsentrasi awal ion fluorida 20 mg/L pada pH 7	46
Gambar 4.6	Hubungan dosis adsorben terhadap efisiensi adsorpsi ion fluorida dengan konsentrasi awal ion fluorida 20 mg/L pada pH 7	47
Gambar 4.7	Hubungan kapasitas adsorpsi terhadap dosis adsorben dengan konsentrasi awal ion fluorida 20 mg/L pada pH 7	48
Gambar 4.8	Hubungan konsentrasi awal ion fluorida terhadap efisiensi adsorpsi ion fluorida dengan konsentrasi awal ion fluorida 20 mg/L pada pH 7	49
Gambar 4.9	Pengaruh anion kompetitor terhadap efisiensi adsorpsi ion fluorida pada konsentrasi awal ion fluorida 20 mg/L pada pH 7 dengan waktu kontak 60 menit	50
Gambar 4.10	Linearitas isoterm adsorpsi (a) Freundlich (b) Langmuir	52
Gambar 4.11	Linearitas kinetika adsorpsi, (a) Pseudo orde pertama dan (b) Pseudo orde kedua	53

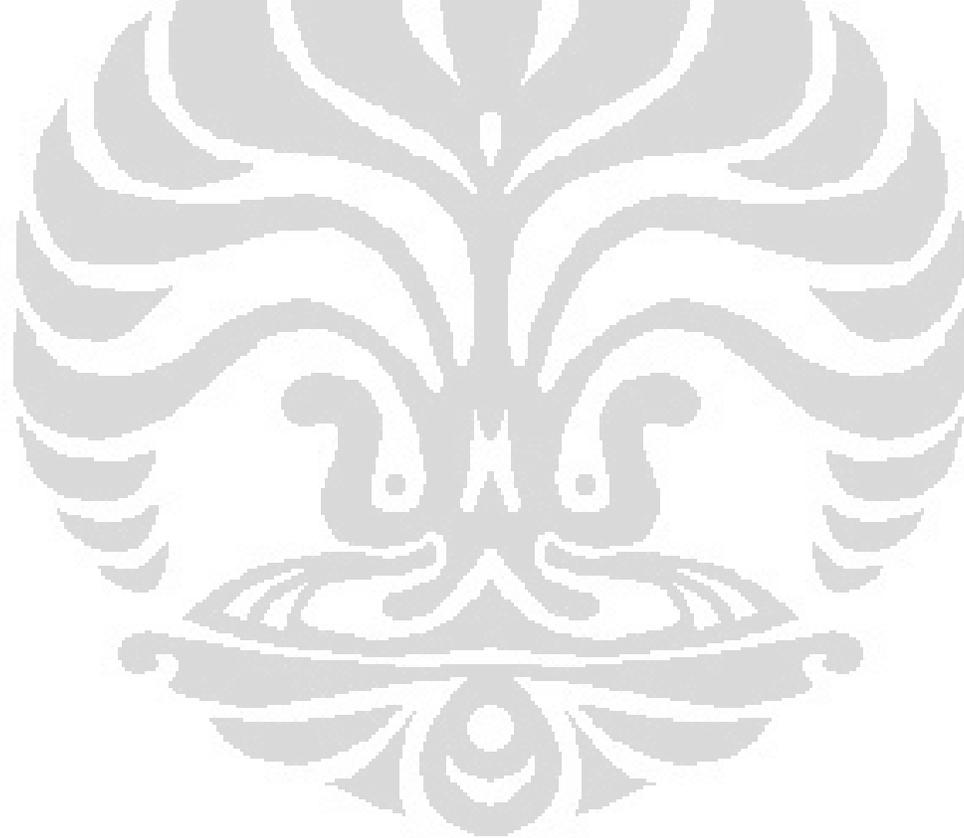
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sifat Biologi dan Kimia Kitosan	8
Tabel 2.2	Efek Kandungan Ion Fluorida Dalam Air Minum	10
Tabel 2.3	Jenis Serapan Gugus Fungsi Pada FTIR	18
Tabel 2.4	Ringkasan Penelitian Adsorpsi Ion Fluorida	23
Tabel 3.1	Karakteristik Kitosan	26
Tabel 4.1	Interpretasi Gugus Fungsi FTIR Kitosan dan Kitosan-Pr	40
Tabel 4.2	Analisis EDX Kitosan dan Kitosan-Praseodimium.....	43
Tabel 4.3	Parameter Isoterm Adsorpsi Freundlich & Langmuir	52
Tabel 4.3	Parameter Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Pertama & Kedua	54



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Hasil Karakterisasi FTIR	61
Lampiran 2.	Data Perhitungan Penentuan <i>Loading</i> ion Pr^{3+} dalam Kitosan ...	64
Lampiran 3.	Data Perhitungan Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Adsorpsi Ion Fluorida	64
Lampiran 4.	Data Perhitungan Pengaruh Dosis Adsorben Terhadap Adsorpsi Ion Fluorida	65
Lampiran 5.	Data Perhitungan Pengaruh Konsentrasi Awal Ion Fluorida Terhadap Adsorpsi Ion Fluorida	65
Lampiran 6.	Data Perhitungan Pengaruh Anion Kompetitor Terhadap Adsorpsi Ion Fluorida	66
Lampiran 7.	Perhitungan Penentuan Isoterm Adsorpsi	66
Lampiran 8.	Perhitungan Penentuan Model Kinetika Adsorpsi.....	70



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keberadaan ion fluorida dalam air dapat terjadi secara alami maupun dalam jumlah yang terkontrol. Peningkatan kandungan ion fluorida dalam air dapat disebabkan oleh aktivitas manusia maupun Industri. Kandungan ion fluorida dalam air dalam jumlah besar disebabkan oleh buangan industri yang dihasilkan dari berbagai macam industri, diantaranya adalah industri peleburan aluminium dan pupuk (Kau *et al.*, 1998). Kelebihan kandungan ion fluorida dalam air ini berpotensi mencemari badan air, terutama apabila badan air tersebut digunakan sebagai bahan baku air minum. Dengan mengkonsumsi air minum yang memiliki kandungan ion fluorida berlebih dapat menyebabkan berbagai macam masalah kesehatan seperti *fluorosis* gigi dan tulang (Meenakshi and Maheshwari, 2006). Menurut *The World Health Organization* (WHO), konsentrasi ion fluorida maksimum yang dapat diterima dalam air minum berada pada kisaran di bawah 1,5 mg/L (Yao *et al.*, 2009).

Berdasarkan pertimbangan di atas, pengolahan terhadap kandungan ion fluorida dalam air minum yang melebihi batas maksimal untuk dikonsumsi perlu dilakukan (Jagtap *et al.*, 2011). Beberapa metode telah digunakan untuk mengurangi konsentrasi ion fluorida dalam air minum, seperti dengan menggunakan proses presipitasi, elektrolisis, membran, resin pertukaran ion dan adsorpsi telah diuji untuk mengurangi kelebihan ion fluorida dalam air minum dan industri limbah cair dengan efisiensi yang cukup tinggi (Zhou *et al.*, 2004). Resin pertukaran ion secara luas digunakan untuk menghilangkan kandungan ion fluorida dalam air dengan efisiensi yang tinggi, akan tetapi metode ini memiliki kelemahan utama yaitu hanya dapat digunakan untuk pengolahan air dalam volume kecil dan memerlukan waktu reaksi yang lebih lama (Ergun *et al.*, 2008). Meskipun metode lain telah berhasil mengurangi konsentrasi ion fluorida ke tingkat yang dapat diterima, akan tetapi metode adsorpsi merupakan metode yang paling tepat digunakan untuk menghilangkan ion fluorida dalam air minum,

karena metode ini lebih besar aksesibilitas, ekonomis dan juga memiliki efisiensi yang cukup tinggi (Jagtap *et al.*, 2009).

Saat ini, metode adsorpsi merupakan metode yang paling banyak digunakan untuk mengurangi konsentrasi ion fluorida dalam air minum (Zhou *et al.*, 2004). Beberapa pendekatan telah dipelajari untuk memperoleh adsorben yang efektif dan murah. Coetzee *et al.* (2003) telah berhasil mengkaji penggunaan tanah liat yang mengandung oksida besi, aluminium dan silikon sebagai adsorben untuk adsorpsi ion fluorida (Coetzee *et al.*, 2003). Baru-baru ini banyak penelitian yang mencoba untuk menemukan jenis adsorben yang lebih bersahabat dan aman bagi kesehatan, salah satunya adalah penggunaan adsorben yang mengandung polimer alam, seperti kitosan yang diperoleh dari limbah pengolahan hasil laut (Crini, 2005).

Kitosan, telah banyak digunakan sebagai adsorben untuk menghapus logam-logam berbahaya dengan mekanisme penyerapan (Li *et al.*, 2001). Material ini memiliki sifat yang unik seperti, biokompatibilitas, non toksisitas dan proses sintesisnya yang murah. Selain itu, bahan ini memiliki gugus fungsi seperti, hidroksil, amina dan amida dalam rantai polimernya yang mendukung kemampuan kitosan sebagai pengikat ion fluorida (Crini, 2005). Akan tetapi, walaupun kitosan memiliki daya adsorpsi yang tinggi, material ini masih sulit digunakan sebagai adsorben secara langsung, karna memiliki daya apung dan mengembang yang tinggi (Dultz, 2005).

Oleh karena itu untuk meningkatkan kinerja adsorpsi dari kitosan dapat dilakukan dengan penambahan unsur pendukung ke dalam material tersebut. Dari penelitian sebelumnya, terbukti kitosan yang dimodifikasi dengan logam-logam trivalen seperti aluminium, magnesium dan titanium dapat meningkatkan kinerja kitosan untuk adsorpsi ion fluorida. Mekanisme penyerapannya melibatkan kontak di mana ion fluorida yang diikat melalui pertukaran ion atau reaksi kimia (Islam & Patel, 2007). Pada tahun 2006, beberapa peneliti telah mempelajari adsorpsi ion fluorida menggunakan partikel magnetik-kitosan dari larutan cair dalam sistem *batch* (Ma *et al.*, 2007).

Berdasarkan uraian diatas, maka pada penelitian ini dilakukan sintesis material yang digunakan sebagai adsorben untuk menyerap kandungan ion

fluorida dalam air minum dengan menggunakan kitosan yang dimodifikasi dengan ion praseodimium (Pr^{3+}). Praseodimium merupakan lantanida yang memiliki ion trivalen yang mampu berikatan dengan kitosan, sehingga kinerja kitosan sebagai adsorben akan semakin meningkat. Pada penelitian ini akan ditentukan kondisi optimum adsorben terhadap jumlah praseodimium yang ditambahkan ke dalam kitosan dengan memvariasikan jumlah praseodimium. Selain itu juga akan diperhitungkan pengaruh dari beberapa faktor fisika dan kimia pada proses adsorpsi. Sehingga dari hasil penelitian ini diharapkan akan diperoleh kondisi optimum kitosan-praseodimium sebagai adsorben untuk penghilangan konsentrasi ion fluorida dalam air minum.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan masalah yang akan dipelajari pada penelitian ini, yaitu :

1. Bagaimana pengaruh penambahan praseodimium terhadap kinerja kitosan sebagai adsorben untuk menyerap ion fluorida?
2. Bagaimana kondisi optimum penurunan konsentrasi ion fluorida yang terjadi dengan menggunakan kitosan-praseodimium?
3. Model isoterm dan kinetika adsorpsi apakah yang sesuai dengan penelitian yang dilakukan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

1. Memperoleh material kitosan-praseodimium yang akan digunakan sebagai adsorben pada proses adsorpsi ion fluorida.
2. Mengetahui pengaruh penambahan praseodimium pada kitosan untuk adsorpsi ion fluorida.
3. Mengetahui pengaruh waktu kontak, dosis adsorben, konsentrasi awal ion fluorida dan anion kompetitor terhadap adsorpsi ion fluorida.
4. Mengetahui model isoterm adsorpsi dan kinetika adsorpsi yang sesuai.

1.4 Batasan Masalah

1. Proses adsorpsi menggunakan sistem *batch*.
2. Konsentrasi awal larutan ion fluorida yang digunakan adalah sebesar 20 mg/L dan kondisi larutan dijaga tetap pada pH 7 .
3. Material yang diperoleh dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan *Scanning Electron Microscope & Energy Dispersive X-ray* (SEM-EDX)
4. Penentuan konsentrasi ion fluorida dilakukan dengan menggunakan *ion selective electrode* (ISE).

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dari makalah ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

berisi pendahuluan yang terdiri atas latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika tulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

berisi tentang informasi dan teori-teori yang mendukung penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

berisi tentang diagram alir penelitian, peralatan, bahan dan prosedur yang digunakan dalam penelitian, serta teknik pengambilan dan pengolahan data penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

berisi tentang hasil penelitian dan analisis terhadap hasil penelitian tersebut.

BAB V KESIMPULAN

berisi tentang kesimpulan penelitian.

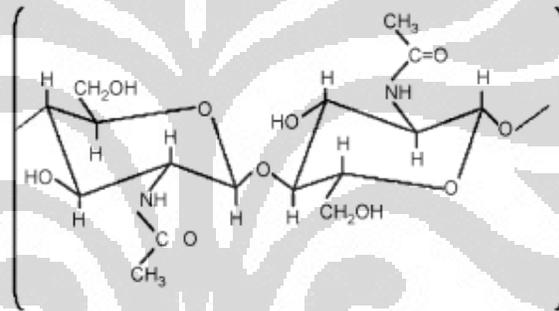
DAFTAR PUSTAKA

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kitin

Kitin termasuk golongan polisakarida yang mempunyai bobot molekul tinggi dan mempunyai molekul polimer berantai lurus dengan nama lain β -1,4-2-asetamida-2-dioksi-D-glukosa atau N-asetil-D-glukosamin dengan rumus molekul $(C_8H_{13}NO_5)_n$. Kitin merupakan N-glukosamin yang terdeasetilasi sedikit dan berupa zat padat yang tidak berbentuk (amorphous), tidak larut dalam air, asam organik encer, alkohol dan pelarut organik lainnya, tetapi larut dalam asam mineral yang pekat (Praptowidodtro, 1998). Gambar 2.1 menunjukkan struktur kimia dari senyawa kitin.



Gambar 2.1 Struktur Kimia Kitin (Kamble *et al.*, 2006)

Kitin terdapat dalam jumlah besar dari krustasea kerang, yang merupakan limbah produk dari pengolahan hasil laut industri, senyawa ini biasanya dijadikan sebagai sumber untuk kitosan. Kitin dapat diperoleh dari kulit sotong, kulit udang, kulit kepiting dan cangkang blangkas. Kulit udang mengandung protein (25% - 40%), kitin (15% - 20%), dan kalsium karbonat (45% - 50%). Kulit kepiting mengandung protein (15,6% - 32,2%), dan kalsium karbonat (53,7% - 78,4%). Isolasi kitin dilakukan dari kulit udang dan kepiting karena mudah diperoleh dan memiliki kandungan kitin yang cukup banyak (Marganof, 2002).

Umumnya kitin diisolasi melalui rangkaian proses produksi. Pertama, deproteinasi atau proses penghilangan protein menggunakan basa. Kedua, demineralisasi atau proses penghilangan mineral menggunakan asam. Ketiga, dekolonisasi atau proses penghilangan warna menggunakan oksidator atau pelarut

organik. Pada tahun 2004, Alimuniar dan Zainuddin telah berhasil mengisolasi kulit udang menjadi kitin. Proses isolasi dimulai dengan pencucian kulit udang terlebih dahulu dengan air bersih, kemudian direndam dengan NaOH selama 24 jam. Selanjutnya dilakukan pencucian hingga pH netral, proses tersebut dilakukan dengan merendam kembali kulit udang dalam HCl 2 M selama 24 jam. Setelah itu dicuci dengan air suling hingga pH netral. Selanjutnya kitin yang dihasilkan dikeringkan pada suhu kamar (Alimuniar & Zainuddin, 2004).

Kitin merupakan polimer kedua terbesar di bumi setelah selulosa, senyawa organik ini berwarna putih, keras, dan tidak elastis. Kitin mempunyai sifat yang mirip selulosa dengan pergantian gugus hidroksil pada posisi C₂ dengan gugus asetamida, Keberadaan kitin di alam umumnya terikat dengan protein, mineral dan berbagai macam pigmen (Sugita *et al.*, 2009). Sifat utama kitin adalah mudah mengalami degradasi secara biologis dan tidak beracun, rendahnya reaktivitas kimia dan sangat hidrofobik, karena sifat-sifat tersebut penggunaan kitin relatif lebih sedikit dibandingkan kitosan dan derivatnya.

2.2 Kitosan

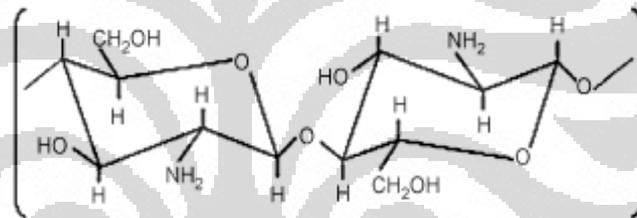
Kitosan ditemukan oleh C. Rougnet pada tahun 1859 dengan cara memasak kitin dengan basa. Perkembangan penggunaan kitin dan kitosan meningkat pada tahun 1940-an, terlebih dengan makin diperlukannya bahan alami oleh berbagai industri sekitar tahun 1970-an. Kitosan merupakan produk deasetilasi kitin. Kualitas dan nilai ekonomi kitosan dan kitin ditentukan oleh besarnya derajat deasetilasi, semakin tinggi derajat deasetilasi semakin tinggi kualitas dan harga jualnya. Perbedaan antara kitin dan kitosan didasarkan pada kandungan nitrogennya. Bila nitrogen kurang dari 7%, maka polimer disebut kitin dan apabila kandungan total nitrogennya lebih dari 7% disebut kitosan. Perbedaan lainnya antara kitin dan kitosan terdapat dalam derajat deasetilasinya. Kitosan mempunyai derajat deasetilasi berkisar antara 80–90%, akan tetapi kebanyakan publikasi menggunakan istilah kitosan apabila derajat deasetilasi lebih besar 70% (Kaban, 2009).

Kitosan berwujud padatan amorf putih yang bersifat tidak larut dalam air tetapi sedikit larut dalam HCl, HNO₃, H₃PO₄ dan di samping itu, kitosan juga

bersifat polielektrolit sehingga dapat dengan mudah berinteraksi dengan zat-zat organik lainnya seperti protein. (Marganof, 2002).

2.2.1 Struktur Kitosan

Kitosan merupakan kopolimer kationik dari 2-glukosamin dan N-asetil-2-glukosamin dengan rumus umum $(C_6H_{11}NO_4)_n$ yang mempunyai berat molekul rata-rata 120.000 (Jagtap *et al.*, 2009). Atom nitrogen pada gugus amina menyediakan pasangan elektron bebas yang dapat bereaksi dengan kation logam. Pada pH asam, gugus amina terprotonasi sehingga meningkatkan kelarutan kitosan yang bersifat tidak larut dalam pelarut alkali dan pada pH netral (Bernkop *et al.*, 2004). Struktur kimia kitosan dicirikan oleh derajat deasetilasi (DA) ditunjukkan pada Gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2.2 Struktur Kimia Kitosan (Kamble *et al.*, 2006)

Pembentukan kitosan pada dasarnya sangat dipengaruhi oleh kondisi operasi pada saat sintesis, hal ini karena kondisi operasi seperti suhu, akan mempengaruhi jumlah deasetilasi yang terjadi. Derajat deasetilasi yang terjadi pada proses sintesis kitosan akan menentukan jumlah gugus amina bebas dalam rantai polimer kitosan. Gugus amina dalam kitosan ini menyebabkan kitosan bermuatan positif, selain gugus amina bebas, kitosan juga memiliki gugus hidroksil (Lee *et al.*, 2009).

2.2.2 Sifat dan Kegunaan Kitosan

Dengan keberadaan gugus amina bebas dan hidroksil, menjadikan kitosan sebagai polisakarida yang reaktif untuk adsorpsi dan dapat berinteraksi dengan molekul yang bermuatan negatif. Sifat alami dari kitosan dapat dibagi

menjadi dua sifat besar yaitu, sifat biologi dan kimia yang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sifat Biologi dan Kimia Kitosan

Sifat Biologi	Sifat Kimia
1. Biokompatibel : tidak mempunyai efek samping, tidak beracun, tidak dapat dicerna	1. Polimer poliamin berbentuk linear
2. Biodegradabel, mudah diuraikan oleh mikroba	2. Berat molekul tinggi, densitas tinggi, viskositas bervariasi
3. Anti kanker	3. Dapat dimodifikasi secara kimia
4. Anti Kolesterol	4. Mempunyai gugus amino aktif, dapat mengkhelat beberapa logam
5. Hemostatik, fungistatik, spermisidal, antitumor, antikolesterol	5. Kerapatan muatan tinggi pada pH < 6,5

Kitosan telah digunakan di berbagai bidang industri seperti industri makanan aditif, kosmetik, material pertanian, dan untuk anti bakterial. Kitosan juga sering digunakan sebagai adsorben pada ion logam dan spesies organik. Hal ini disebabkan oleh adanya gugus amina dan gugus hidroksil dari rantai kitosan yang dapat dijadikan sebagai tempat untuk berkoordinasi dan bereaksi (Lee *et al.*, 2009). Atom nitrogen pada gugus amina menyediakan pasangan elektron bebas yang dapat bereaksi dengan kation logam. Pada pH asam, gugus amina terprotonasi sehingga meningkatkan kelarutan kitosan yang bersifat tidak larut dalam pelarut alkali dan pada pH netral (Bernkop *et al.*, 2004).

2.3 Praseodimium

Praseodimium merupakan jenis logam dari golongan lantanida yang memiliki lambang Pr dan nomor atom 59. Lantanida memiliki sifat fisik yang sangat mirip dan sukar dipisahkan satu sama lain. Sejak tahun 1960-an, dengan adanya metode ekstraksi pelarut menggunakan tributilfosfin oksida, unsur-unsur lantanida menjadi mudah didapat dan mulai banyak dimanfaatkan, tidak hanya untuk riset dasar tetapi juga dalam material seperti dalam paduan logam, katalis, laser, tabung sinar katoda dan sebagainya. Begitu juga dengan praseodimium, logam ini tidak ditemukan dalam keadaan bebas melainkan berbentuk senyawa kompleks. Pada tahun 1885, kimiawan Austria Baron Carl Auer von Welsbach

memisahkan didimium menjadi dua garam dengan warna yang berbeda, yaitu praseodimium dan neodimium.

Praseodimium termasuk kedalam unsur blok-f yang berarti bahwa kulit elektronnya terisi sampai orbital 4f. Secara umum struktur elektron dari unsur golongan lantanida adalah $[\text{Xe}]6s^24f^n$. Dimana praseodimium memiliki tingkat oksidasi utama +3 selain +2 dan +4. Logam ini sangat lembut dan berwarna keperakan, terlalu reaktif jika ditemukan dalam bentuk asli dan jika bereaksi dengan udara akan membentuk lapisan oksida hijau. Logam yang berwarna kuning kehijauan ini mudah larut dalam larutan air dan termasuk dalam jenis logam lantanida yang tidak beracun (Jackson, 2000). Banyak industri menggunakan praseodimium sebagai media untuk menyaring cahaya kuning dari sumber cahaya.

2.4 Ion Fluorida

Ion fluorida adalah bentuk tereduksi fluor, merupakan elemen yang paling ringan dan paling reaktif dalam kumpulan halogen. Fluor adalah elemen yang paling elektronegatif dari semua elemen yang mempunyai kecenderungan kuat untuk menjadi ion fluorida (F^-) didalam larutan. Oleh karena itu ion fluorida ditemukan sebagai fluor pada kerak bumi dengan kisaran 0.06-0.09 persen. Ion fluorida dijumpai pada konsentrasi yang signifikan pada berbagai mineral termasuk batu fosfat, *cryolite*, apatit, *mica*, *hornblende* dan lain-lain.

Kedua senyawa organofluorin dan anorganik yang mengandung unsur fluor kadang-kadang disebut fluorida. Fluor seperti halida lainnya, adalah ion monovalen. Senyawa ini sering memiliki sifat yang relatif berbeda dengan halida lainnya. Secara struktural dan sampai batas kimia tertentu ion fluorida menyerupai ion hidroksida. Ion fluorida ditemukan secara alami dalam konsentrasi rendah dalam air minum dan makanan. Air dengan sumber-sumber bawah tanah lebih mungkin untuk memiliki kandungan ion fluorida yang lebih tinggi.

2.4.1 Efek yang ditimbulkan Ion Fluorida dalam Air Minum

Ion fluorida bermanfaat untuk memberikan kekerasan dan daya tahan pada enamel gigi dan mencegah terjadinya karies gigi. Ion fluorida yang

dipercaya berguna mencegah karies gigi ini dapat juga membahayakan kesehatan jika digunakan dalam jumlah melebihi dosis normal yang telah ditetapkan. Tergantung pada konsentrasi dan durasi penyerapannya pada tubuh secara terus menerus, dampak dari kandungan ion fluorida dalam air minum dapat bermanfaat atau merugikan umat manusia. Ion fluorida dalam air minum memiliki rentang konsentrasi yang kecil akan memberikan manfaat bagi kesehatan manusia. Telah ditetapkan bahwa keberadaan sekitar 1 mg/L dari ion fluorida dalam air minum akan membantu untuk mencegah kerusakan gigi pada anak-anak, mengurangi insiden karies dan kavitas pada gigi (Mohapatra *et al.*, 2009). Efek yang dapat ditimbulkan pada tubuh terhadap konsumsi ion fluorida dalam air dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Efek Kandungan Ion Fluorida Dalam Air Minum

Konsentrasi Ion fluorida (mg/L)	Dampak pada kesehatan
< 0,5	Mencegah karies gigi
0,5 - 1,5	Batas maksimal konsumsi fluorida
1,5 - 4,0	Fluorosis pada gigi
4,0 - 10	Fluorosis pada gigi dan tulang
> 100	Fluorosis fatal

Sumber : (Mohapatra *et al.*, 2009)

Dari Tabel 2.2 dapat dilihat asupan ion fluorida dalam tubuh akan merugikan kesehatan manusia jika sudah berada pada konsentrasi diatas 1,5 mg/L. Ini tidak hanya mempengaruhi gigi dan tulang tetapi akumulasi dalam jangka waktu panjang dapat menyebabkan kanker, (*osteosclerosis* tulang rapuh dan kalsifikasi ligamen) dan juga merupakan indikasi penurunan neurologis pada manusia (Harrison, 2005). Diperkirakan bahwa lebih dari 200 juta orang seluruh dunia bergantung pada air minum dengan konsentrasi ion fluorida yang melebihi pedoman WHO (WHO, 2006). Kontaminasi ion fluorida dalam air tanah telah diakui sebagai salah satu masalah serius di seluruh dunia (Amini *et al.*, 2008). Selain arsen dan nitrat, fluorida telah diklasifikasikan sebagai salah satu kontaminan air untuk konsumsi manusia oleh Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), yang menyebabkan masalah kesehatan dalam skala besar (WHO, 2006).

Kelebihan kandungan ion fluorida dalam air dapat terjadi melalui dua cara yaitu secara alami dan karena kegiatan manusia. Secara alami, keberadaan ion fluorida sering terdapat dalam mineral pada air dan dapat tercuci keluar karena erosi oleh air hujan, yang menyebabkan kontaminasi air tanah dan permukaan. Sedangkan dari kegiatan manusia, kontaminasi ion fluorida sering terjadi pada berbagai kegiatan industri. Industri yang menghasilkan air limbah yang mengandung konsentrasi ion fluorida tinggi antara lain industri produksi kaca dan keramik, manufaktur semikonduktor, elektroplating, pembangkit listrik berbahan bakar batubara, ekstraksi berilium dan produksi pembuatan pupuk (Sun *et al.*, 2011). Efluen dari industri memiliki konsentrasi ion fluorida yang lebih tinggi dari pada konsentrasi ion fluorida yang berasal dari perairan alami, mulai dari sepuluh sampai ribuan mg/L (De la Puente *et al.*, 1997).

2.5 Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses akumulasi substansi di permukaan antara dua fase yang terjadi secara fisika dan kimia, atau proses terserapnya molekul-molekul pada permukaan eksternal atau internal suatu padatan. Proses adsorpsi ini dapat terjadi karena adanya gaya tarik molekul-molekul di permukaan adsorben. Proses adsorpsi sangat cocok untuk memisahkan bahan dengan konsentrasi yang kecil dari campuran lain yang mengandung bahan dengan konsentrasi tinggi. Adsorpsi digunakan dalam pengolahan air buangan industri, terutama untuk mengurangi komponen-komponen organik misalnya warna, fenol, detergen, zat-zat toksik dan zat-zat organik yang sukar diuraikan (Mc Cabe *et al.*, 1989).

Sesuai dengan jenis ikatan antara bahan yang di adsorpsi dengan adsorbennya, maka dapat dibedakan antara adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Adsorpsi fisika diakibatkan kondensasi molekular dalam kapiler-kapiler dari padatan. Secara umum, unsur-unsur dengan berat molekul yang lebih besar akan lebih mudah diadsorpsi. Adsorpsi kimia menghasilkan pembentukan lapisan mono molekular adsorbat pada permukaan melalui gaya-gaya dari valensi sisa dari molekul-molekul pada permukaan.

Kecepatan adsorpsi tidak hanya dipengaruhi oleh perbedaan konsentrasi dan pada luas permukaan adsorben, melainkan juga pada suhu, tekanan (untuk

gas), ukuran partikel dan porositas adsorben. Juga tergantung pada ukuran molekul bahan yang akan diadsorpsi dan viskositas campuran yang akan dipisahkan (cairan atau gas). Pemilihan proses adsorpsi yang digunakan untuk pemisahan disesuaikan kondisi agregasi campuran yang akan dipisahkan (padat, cair, gas), konsentrasi bahan yang akan dipisahkan, adsorben yang paling cocok, metode regenerasi yang diperlukan maupun pertimbangan ekonominya.

Proses adsorpsi meliputi tiga tahap yaitu :

- Pergerakan molekul - molekul adsorbat menuju permukaan adsorben.
- Penyebaran molekul adsorbat ke dalam rongga - rongga adsorben.
- Penarikan molekul - molekul adsorbat oleh permukaan aktif membentuk ikatan yang berlangsung sangat cepat.

Adsorpsi oleh zat padat ditandai oleh hal-hal sebagai berikut :

- a) Adsorpsi bersifat selektif, artinya suatu adsorben dapat menyerap banyak sekali suatu zat, tetapi tidak menyerap zat-zat tertentu.
- b) Kecepatan adsorpsi berkurang seiring dengan semakin banyaknya zat yang diserap.
- c) Jumlah zat yang diserap tergantung temperatur, semakin jauh jarak antara temperatur penyerapan dari temperatur kritis, maka semakin sedikit jumlah zat yang diserap.

2.5.1 Adsorben

Adsorben adalah bahan padat dengan luas permukaan dalam yang sangat besar. Permukaan yang luas ini terbentuk karena banyaknya pori yang halus pada padatan tersebut. Biasanya luasnya berada dalam orde 200-1000 m²/g adsorben, dengan diameter pori 0,0003-0,002 μm. Disamping luas spesifik dan diameter pori, maka kerapatan dan distribusi ukuran partikel maupun kekerasannya merupakan data karakteristik yang penting dari suatu adsorben. Tergantung pada tujuan penggunaannya, adsorben dapat berupa granular (dengan ukuran butir sebesar beberapa mm) atau serbuk (khusus untuk adsorpsi campuran cair). Beberapa bahan yang dapat digunakan sebagai adsorben di antaranya yaitu : karbon aktif, silika gel, dan zeolit (Mc Cabe *et al.*, 1989).

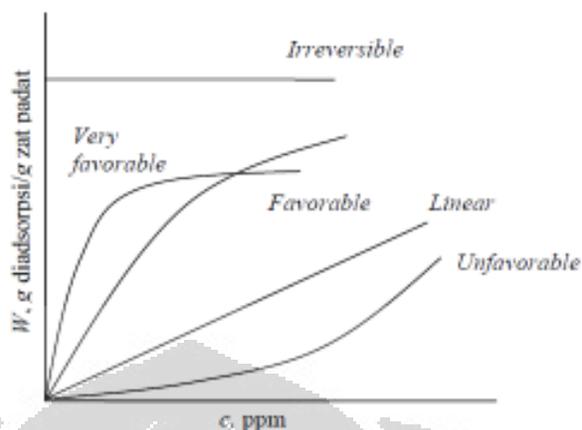
Jumlah zat yang diadsorpsi pada permukaan adsorben merupakan proses berkesetimbangan, sebab laju peristiwa adsorpsi disertai dengan terjadinya desorpsi. Pada awal reaksi, peristiwa adsorpsi lebih dominan dibandingkan dengan peristiwa desorpsi, sehingga adsorpsi berlangsung cepat. Pada waktu tertentu peristiwa adsorpsi cenderung melambat, dan sebaliknya laju desorpsi cenderung meningkat. Waktu ketika laju adsorpsi adalah sama dengan laju desorpsi disebut sebagai keadaan berkesetimbangan.

Pada keadaan berkesetimbangan tidak teramati perubahan secara makroskopis. Waktu tercapainya keadaan kesetimbangan adsorpsi melalui mekanisme fisika lebih cepat jika dibandingkan dengan mekanisme kimia (Mc Cabe *et al.*, 1989).

2.5.2 Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi merupakan hubungan kesetimbangan antara konsentrasi dalam fasa fluida dan konsentrasi dalam partikel adsorben. Untuk gas, konsentrasi ini biasanya dinyatakan dalam persen mol atau tekanan bagian. Untuk zat cair, konsentrasi itu dinyatakan dalam satuan massa, seperti bagian per sejuta (*part per million*, ppm). Konsentrasi adsorbat pada zat padat dinyatakan sebagai massa yang teradsorpsi per satuan massa adsorben mula-mula (Mc Cabe *et al.*, 1989).

Beberapa contoh bentuk isoterm adsorpsi ditunjukkan dalam grafik aritmetik pada Gambar 2.3. Isoterm linear mengikuti garis lurus melalui sumbu koordinat dan kuantitas yang diadsorpsi dalam hal ini sebanding dengan konsentrasi di dalam fluida. Isoterm yang cembung ke atas dikatakan *favorable* karena pemuatan zat padat yang relatif tinggi dengan konsentrasi fluida yang rendah. Isoterm yang cekung ke atas dikatakan *unfavorable* karena pemuatan zat padatnya relatif rendah dan mengakibatkan zona perpindahan massa di dalam hamparan itu menjadi cukup panjang. Isoterm *irreversible* mempunyai koefisien perpindahan massa yang konstan karena laju c , ppm perpindahan massa dalam hal ini sebanding dengan konsentrasi fluida. Isoterm *very favorable* memberikan hasil yang hampir sama dengan adsorpsi *irreversible*, karena konsentrasi keseimbangan di dalam fluida praktis bernilai nol, sampai konsentrasi zat padat sudah melewati separuh nilai jenuhnya.



Gambar 2.3 Beberapa Jenis Isoterm Adsorpsi (Mc Cabe *et al.*, 1989)

Kondisi isoterm digunakan untuk menandakan hubungan antara konsentrasi adsorbat dan konsentrasi penyerapan dapat terjadi pada temperatur yang ditentukan (Sawyer *et al.*, 2003). Pada penelitian ini akan dipelajari dua jenis model isoterm adsorpsi yaitu isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich.

2.5.2.1 Isoterm Langmuir

Pada tahun 1918, Langmuir menurunkan teori adsorpsi isoterm dengan menggunakan model sederhana berupa padatan yang mengadsorpsi gas pada permukaannya. Teori isoterm Langmuir berlaku untuk adsorpsi kimia dimana reaksi yang terjadi adalah spesifik dan umumnya membentuk lapisan tunggal (monolayer). Permukaan adsorbat homogen, artinya afinitas setiap kedudukan ikatan sama, tidak ada interaksi lateral antar molekul adsorbat dan molekul yang teradsorpsi terlokalisasi, artinya mereka tidak bergerak pada permukaan.

Isoterm langmuir mempunyai karakteristik utama yang dapat dinyatakan besarnya dengan nilai konstanta yang disebut parameter equilibrium R_L . Nilai R_L menyatakan jenis isoterm. Untuk adsorpsi fisika memiliki harga $R_L=0$, sedangkan untuk adsorpsi kimia memiliki harga R_L berkisar antara $0 < R_L < 1$ dan linear $R_L > 1$. Isoterm langmuir ini dapat dimodifikasi guna mengetahui jumlah persaingan yang terjadi pada saat adsorpsi, dengan cara menambahkan adsorbat dan untuk adsorben yang mempunyai sistem dengan afinitas yang berbeda (Sawyer *et al.*, 2003).

2.5.2.2 Isoterm Freundlich

Merupakan adsorpsi zat terlarut (dari suatu larutan) pada padatan adsorben merupakan hal yang penting. Aplikasi penggunaan prinsip ini antara lain penghilangan warna larutan (*decolorizing*) dengan menggunakan batu apung dan proses pemisahan dengan menggunakan teknik kromatografi. Jumlah adsorbat yang terikat oleh adsorben adalah fungsi kedua karakteristik yaitu konsentrasi adsorbat dan suhu. Jumlah zat yang diserap dihitung berdasarkan fungsi konsentrasi pada suhu konstan, fungsi ini disebut isoterm. Rumus umum isoterm yang menyatakan jumlah zat yang diadsorpsi yaitu isoterm Freundlich (Sawyer *et al.*, 2003).

Isoterm Freundlich adalah sebuah fungsi empiris yang menyatakan kesetimbangan adsorpsi dengan konsentrasi *solute* yang tidak terbatas. Isoterm Freundlich banyak diasumsikan bahwa isoterm ini menandakan ikatan fisik pada adsorben. Isoterm Freundlich mengasumsikan bahwa adsorpsi terjadi pada lapisan heterogen dan lebih banyak lapisan (*multilayer*). Apabila lapisan adsorbat hanya satu lapis, isoterm ini biasa dikenal dengan isoterm linier. Fungsi dari isoterm Freundlich banyak digunakan untuk proses adsorpsi dalam air minum dan air limbah (Sawyer *et al.*, 2003).

2.5.3 Kinetika Adsorpsi

Seperti halnya kinetika kimia, kinetika adsorpsi juga berhubungan dengan laju reaksi. Hanya saja, kinetika adsorpsi lebih khusus, yang hanya membahas sifat penting dari permukaan zat. Kinetika adsorpsi yaitu laju penyerapan suatu fluida oleh adsorben dalam suatu jangka waktu tertentu. Kinetika adsorpsi suatu zat dapat diketahui dengan mengukur perubahan konsentrasi zat teradsorpsi tersebut, dan menganalisis nilai k (berupa slope/kemiringan) serta memplotkannya pada grafik. Kinetika adsorpsi dipengaruhi oleh kecepatan adsorpsi. Kecepatan adsorpsi dapat didefinisikan sebagai banyaknya zat yang teradsorpsi per satuan waktu.

Kinetika adsorpsi menyatakan adanya proses penyerapan suatu zat oleh adsorben dalam fungsi waktu. Adsorpsi terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat. Molekul-molekul

pada permukaan zat padat atau zat cair, mempunyai gaya tarik ke arah dalam karena tidak ada gaya-gaya lain yang mengimbangi. Adanya gaya-gaya ini menyebabkan zat padat dan zat cair mempunyai gaya adsorpsi. Model kinetika adsorpsi yang biasa digunakan pada adsorpsi ion fluorida antara lain pseudo orde pertama dan pseudo orde kedua (Yao *et al.*, 2009).

2.5.4 Tipe-Tipe Sistem Adsorpsi

Sistem adsorpsi dapat dibagi menjadi dua antara lain :

a. Cara *Batch*

Cara *batch* biasanya menggunakan bejana, air limbah atau air minum yang akan digunakan untuk pengujian ditempatkan di dalam bejana. Air yang akan di uji tersebut diaduk bersamaan dengan adsorben dengan waktu dan kecepatan pengadukan yang telah ditentukan. Selanjutnya proses adsorpsi dibiarkan hingga mencapai kesetimbangan. Sistem *batch* biasa digunakan, apabila sampel air yang diuji tidak dalam volume yang relatif besar. Selain itu proses ini juga sering digunakan untuk proses pejernihan air (Mc Cabe *et al.*, 1989).

b. Cara Kolom

Cara kolom dilakukan dengan menggunakan silinder vertikal atau horizontal. Air limbah yang akan diuji dialirkan secara terus-menerus ke dalam suatu kolom adsorpsi. Sistem kolom ini sangat luas penggunaannya, terutama untuk pengolahan limbah cair industri dan cocok untuk pengolahan air limbah dalam skala besar. proses adsorpsi menggunakan kolom vertikal dilakukan dengan mengalirkan air dari atas ke bawah dan dari bawah ke atas. Cara vertikal ini dapat dibagi atas paralel ataupun seri, dan ini juga ditentukan oleh sifat adsorben dan adsorbatnya (Mc Cabe *et al.*, 1989).

2.5.5 Adsorpsi Ion Fluorida

Salah satu aplikasi dari adsorpsi adalah penghilangan kandungan ion fluorida dalam air. Metode adsorpsi banyak digunakan dan menawarkan hasil yang memuaskan. Metode ini tampaknya menjadi metode yang lebih menarik untuk menghilangkan kandungan ion fluorida dalam air, selain dalam hal biaya, kesederhanaan desain dan operasi adsorpsinya yang ringkas. Metode ini telah

banyak digunakan untuk mengurangi kandungan ion fluorida baik berasal dari air minum ataupun air limbah dari kegiatan industri.

Secara teoritis, adsorpsi ion fluorida ke partikel padatan biasanya mengalami tiga langkah penting (Fan *et al*, 2003.), antara lain :

- Difusi atau transpor ion fluorida pada permukaan eksternal adsorben dari solusi massal di seluruh lapisan batas sekitar partikel adsorben, yang disebut transfer massa eksternal.
- Adsorpsi ion fluorida pada permukaan partikel.
- Ion fluorida teradsorpsi mungkin bertukar dengan elemen struktur dalam partikel adsorben tergantung pada padatan kimia, atau ion-ion fluorida yang teradsorpsi ditransfer ke permukaan internal untuk bahan berpori (intra partikel difusi).

Metode adsorpsi pada ion fluorida diteliti untuk mengetahui kapasitas dari adsorben. Beberapa materi adsorben diuji untuk mencari adsorben yang lebih efektif dan lebih murah. Adsorben yang digunakan untuk mengurangi kandungan ion fluorida dari air antara lain adalah alumina, karbon aktif, alumina aktif yang dilapisi silika gel, kalsit, serbuk abu yang telah diaktivasi dan sebagainya (Meenakshi & Maheshwari, 2006).

2.6 Analisa sampel

Pada penelitian ini, untuk material kitosan-praseodimium yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan *Fourier-Transform Infra Red* (FTIR) dan *Scanning Electron Microscope & Energy Dispersive X-ray Analyzer* (SEM-EDX), sedangkan untuk menentukan kandungan fluorida sisa yang terdapat dalam sampel dilakukan dengan menggunakan *Ion Selective Electrode* (ISE) untuk ion fluorida.

2.6.1 *Fourier-Transform Infra Red* (FTIR)

Prinsip FTIR yaitu radiasi inframerah akan melewati sampel dimana radiasi akan diserap dan lainnya akan diteruskan melewati transmittan sehingga menghasilkan suatu spektrum serapan di daerah inframerah menyebabkan terjadinya vibrasi ikatan dalam molekul. Inti dari atom-atom terikat dalam ikatan kovalen. Jika menyerap sinar inframerah akan mengalami vibrasi atau getaran,

yang gerakannya menyerupai dua bola pegas, sehingga akan mengakibatkan perubahan momen dwi kutub. Panjang gelombang yang diserap oleh berbagai tipe ikatan tergantung pada jenis vibrasi ikatan tersebut. Oleh karena itu berbagai jenis ikatan mengabsorpsi radiasi inframerah pada panjang gelombang yang berbeda.

Jumlah energi yang diserap juga bervariasi untuk setiap ikatan. Hal ini disebabkan karena terjadinya perubahan momen ikatan sewaktu absorpsi. FTIR secara umum dipergunakan untuk identifikasi gugus-gugus fungsional yang terdapat dalam suatu senyawa yang dianalisa. Beberapa daerah penting pada spektrum inframerah dari berbagai senyawa berdasarkan gugus-gugus yang ada diberikan pada Tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2.3 Jenis Serapan Gugus Fungsi Pada FTIR

Ikatan	Jenis Senyawa	Rentang Bilangan Gelombang (cm⁻¹)	Instensitas
C-H	Alkana	2850-2970	Kuat
		1340-1470	Kuat
C-H	Alkena	3012-3095	Sedang
		675-995	Kuat
C-H	Alkana	3300	Kuat
C-H	Cincin Aromatik	3010-3100	Sedang
		690-900	Kuat
O-H	Fenol, monomer alkohol	3590-3650	Berubah-ubah
	Alkohol ikatan hidrogen, fenol	3200-3600	Berubah-ubah kadang melebar
	Monomer asam karboksilat	3500-3650	Sedang
	Ikatan hidrogen asam karboksilat	2500-2700	Melebar
N-H	Amina, Amida	3300-3500	Sedang
		1500-1700	Sedang-Kuat
C=C	Alkena	1610-1680	Berubah-ubah
C=C	Cincin Aromatik	1500-1600	Berubah-ubah
C≡C	Alkana	2100-2260	Berubah-ubah
C-N	Amina, Amida	900-1300	Kuat
C≡N	Nitril	2210-2280	Kuat

Sumber : (Skoog *et al.*, 1998)

Cara penanganan sampel tergantung dari jenis sampel yaitu apakah berbentuk gas, cairan dan padatan. Ada tiga cara umum untuk mengolah sampel

berupa padatan yaitu lempeng KBr, mull, dan bentuk film atau lapisan tipis. Lempeng (pellet) KBr dibuat dengan menggerus sampel (0,1-2% berat) dengan kalium bromida (KBr) dalam mortar dari batu *agate* untuk mengurangi kontaminasi yang menyerap radiasi *infra red* dan kemudian dimasukkan ke dalam tempat khusus dan di vakum untuk melepaskan air. Campuran dipres beberapa saat (10 menit) pada tekanan 80 Torr (8 hingga 20 ton per satuan luas). FTIR dapat digunakan untuk menganalisa kualitatif maupun kuantitatif. Kelebihan dari FTIR antara lain ukuran sampel yang kecil, spektrum-spektrumnya bisa *discan*, disimpan dan ditransformasikan dalam hitungan detik.

2.6.2 *Scanning Electron Microscope & Energy Dispersive X-ray (SEM-EDX)*

Pengujian morfologi adsorben kitosan-praseodimium yang dihasilkan, dilakukan dengan menggunakan alat *Scanning Electron Microscope* atau SEM. Pengujian dapat dilakukan dengan analisis struktur permukaan dan gambar penampang dari sampel uji. SEM merupakan mikroskop elektron yang memiliki perbesaran tinggi sampai dengan 20.000 kali untuk keperluan analisis dalam tampilan gambar di layar yang memiliki kemampuan untuk melihat struktur permukaan suatu material secara berelief (3 dimensi).

Prinsip pengukuran SEM-EDX dengan menggunakan analisis area. Sinar elektron yang dihasilkan dari elektron *gun* dialirkan hingga mengenai spesimen atau sampel aliran sinar elektron ini selanjutnya difokuskan menggunakan *electron optic column*, sebelum sinar elektron membentur atau mengenai sampel. Setelah sinar elektron membentur sampel maka akan terjadi interaksi pada sampel yang disinari. Interaksi-interaksi yang terjadi tersebut selanjutnya akan dideteksi dan diubah kedalam sebuah gambar oleh analisis SEM dan juga dalam bentuk grafik oleh analisis EDX.

Hasil analisa atau keluaran dari analisis SEM-EDX yaitu berupa gambar struktur permukaan dari setiap sampel yang diuji dengan karakteristik gambar tiga dimensi (3D) serta grafik hubungan antara *energy* (keV) pada sumbu horizontal. Dengan cecahan pada sumbu partikel dari keluaran ini dapat diketahui unsur-unsur atau mineral yang terkandung di dalam sampel tersebut. Keberadaan unsur atau

mineral tersebut dapat ditentukan atau diketahui berdasarkan nilai energi yang dihasilkan pada saat penembakan sinar elektron primer pada sampel.

2.6.3 *Ion Selective Electrode (ISE)*

Ion selektif elektroda (ISE) adalah *electrode membrane* yang selektif merespon keberadaan ion lain dalam larutan, juga spesifik menyelidiki keberadaan gas dan ion dalam larutan. Jenis ISE yang paling umum digunakan yaitu ion selektif elektroda untuk pH. Ion lain yang dapat diukur menggunakan ISE seperti flourida, bromida, kadmium, dan gas-gas dalam larutan seperti NH_3 , CO_2 dan NO_2 . Ion selektif elektroda memberikan respon potensial tertentu pada ion yang spesifik. Untuk potensial standar digunakan potensial dari ion H^+ yang dipakai pada pH meter. Perbedaan potensial yang dihasilkan diantara dua elektroda akan tergantung pada aktivitas ion yang spesifik dalam larutan. Aktivitas ion terkait pada konsentrasi ion yang spesifik, sehingga memungkinkan untuk analisis ukuran ion yang spesifik. ISE telah dikembangkan untuk beberapa ion yang berbeda.

Pada penentuan kandungan ion flourida dalam air menggunakan metode ISE, prinsip pengukurannya adalah total ion flourida yang terlarut ditetapkan secara potensiometer menggunakan elektroda selektif ion yang dihubungkan dengan standar elektroda yang dapat dikalibrasi secara langsung dengan larutan standar ion flourida. Larutan standar dan sampel ditambahkan dengan *Total Ionic Strength Adjustment Buffer (TISAB)*, yaitu sebuah buffer pH dan mengandung agen pengkelasi untuk memecah kompleks logam flourida dan mengendalikan pH (William *et al.*, 2002).

2.7 **Penelitian Tentang Adsorpsi Ion Flourida**

Metode adsorpsi tampaknya menjadi pilihan yang tepat sebagai metode efektif untuk mengurangi kandungan ion flourida dalam air minum. Selain ramah lingkungan dan ekonomis, metode ini juga sangat sederhana dan praktis. Berbagai macam jenis adsorben telah digunakan untuk mengurangi kadar flourida dalam air.

Alumina aktif merupakan adsorben yang paling awal ditemukan untuk mengurangi kandungan ion fluorida dalam air, selain ekonomis jenis adsorben ini juga aman bagi kesehatan. Tahun 2004, Ghorai & Pant mencoba menggunakan alumina aktif sebagai adsorben untuk menyerap kelebihan ion fluorida dalam air tanah. Dari hasil uji adsorpsi diperoleh hasil, efektivitas penyerapan ion fluorida oleh alumina aktif ini mencapai 69,5%, dimana proses adsorpsi berlangsung pada kondisi pH normal (pH=7). Kekurangan dari adsorben ini adalah kinerja adsorben yang masih belum optimal dan tidak dapat bekerja pada pH terlalu rendah ataupun terlalu tinggi (Ghorai & Pant, 2004).

Pengurangan kandungan ion fluorida pada limbah industri menggunakan kapur sebagai adsorben telah dilakukan oleh Islam dan Patel pada tahun 2007. Adanya kalsium didalam kapur menjadikan material ini dapat digunakan untuk menyerap ion fluorida dalam air. Kapur yang digunakan sebagai adsorben ini diaktifkan terlebih dahulu dengan cara kalsinasi. Konsentrasi ion fluorida dalam air limbah industri dapat dikurangi hingga mencapai 80,6%, ion fluorida telah diserap dengan menggunakan kapur yang diaktivasi dan yang tidak diaktivasi. Dari hasil pengujian SEM dan XRD menunjukkan bahwa pengurangan kandungan ion fluorida dengan kapur ini disebabkan oleh adsorpsi secara kimia. Namun, adsorben ini tidak dapat digunakan untuk mengolah air dengan tujuan domestik, karena tidak mampu mengurangi kandungan ion fluorida dalam batas yang diperbolehkan, selain itu kapur juga meningkatkan pH pada air (Islam & Patel, 2007).

Maliyekkal *et al.* (2008) telah mempreparasi material *magnesia-amended activated alumina* (MAAA) yang digunakan untuk adsorpsi ion fluorida dalam air. Sintesis dilakukan dengan mengimpregnasi alumina dengan magnesium hidroksida yang kemudian di kalsiasi pada suhu 450 °C. Dari hasil penelitian diperoleh material MAAA ini lebih efektif dari pada adsorben alumina saja, dimana efisiensi yang didapat mencapai 95% dengan kapasitas serapan maksimum MAAA untuk fluorida diperoleh sebesar 10,12 mg/g. Proses adsorpsi terjadi dalam waktu 3 jam pada pH berkisar 5,0-7,5 (Maliyekkal *et al.*, 2008).

Modifikasi kitosan dengan penambahan berbagai macam derivatif dilakukan untuk berbagai aplikasi. Modifikasi kitosan ini tidak mengubah kerangka dasar kitosan tetapi membawa sifat baru atau meningkatkan sifat pada kitosan yang telah ada sebelumnya, salah satunya adalah untuk meningkatkan kinerja adsorpsi pada kitosan (Mourya & Inamdar, 2008). Aluminium diimpregnasi ke dalam kitosan (AIC) telah digunakan oleh Swain *et al.* (2009) sebagai adsorben untuk menghilangkan kandungan ion fluorida dalam air. Proses adsorpsi berlangsung secara *batch*. Hasil yang diperoleh adalah kapasitas maksimum untuk penyerapan ion fluorida dengan menggunakan AIC diperoleh sebesar 1,73 mg/g . Parameter termodinamika menyatakan bahwa proses adsorpsi adalah spontan dan endotermik di alam (Swain *et al.*, 2009).

Thakre *et al.* (2010) telah berhasil memodifikasi kitosan dengan penambahan ion Ti^{4+} dan Al^{3+} melalui proses kalsinasi pada suhu $450\text{ }^{\circ}C$ dan kemudian dievaluasi kinerja kitosan yang telah dimodifikasi tersebut sebagai adsorben untuk menghilangkan kandungan ion fluorida dalam air minum. Kondisi optimum proses adsorpsi diperoleh saat dosis adsorben yang digunakan sebesar 4 g/L pada kisaran pH 3-9 dan kapasitas adsorpsi yang diperoleh adalah sebesar 2,22 mg/g. Kekurangan dari adsorben ini adalah terjadinya pelepasan ion aluminium dan titanium pada saat proses adsorpsi, selain itu terjadinya penurunan kapasitas adsorpsi ion fluorida menjadi 24% dan 34% di saat terdapat kandungan ion fosfat (PO_4^{3-}) dan ion karbonat (CO_3^{2-}) (Thakre *et al.*,2010).

Tabel 2.4 Ringkasan Penelitian Adsorpsi Ion Fluorida

Peneliti	Jenis Adsorben	Waktu Kontak	Kapasitas Adsorpsi
Ghorai & Pant (2004)	Alumina aktif	6 jam	2,41 mg/g
Islam & Patel (2006)	Kapur	75 menit	-
Maliyekkal <i>et al.</i> (2008)	<i>magnesia-amended activated alumina (MAAA) Aluminium</i>	3 jam	10,13 mg/g
Swain <i>et al.</i> (2009)	diimpregnasi ke dalam kitosan (AIC)	24 jam	1,73 mg/g
Thakre <i>et al.</i> (2010)	Kitosan berbasis mesopori oksida logam Ti ⁴⁺ dan Al ³⁺	24 jam	2,22 mg/g

2.8 Penelitian Saat ini

Pada penelitian ini, akan dilakukan modifikasi kitosan sebagai adsorben dengan penambahan praseodimium untuk adsorpsi ion fluorida dalam air minum. Konsentrasi praseodimium yang ditambahkan pada kitosan divariasikan untuk mengetahui kondisi optimum kitosan-praseodimium sebagai adsorben ion fluorida. Kinerja kitosan-praseodimium sebagai adsorben untuk menyerap ion fluorida diuji dengan sistem *batch* (Yao *et al.*, 2009). Dimana kitosan-praseodimium ditambahkan ke dalam larutan ion fluorida dengan konsentrasi awal ion fluorida sebesar 20 mg/L dan berada pada kondisi pH 7, kemudian distirer sampai tercapai kondisi kesetimbangan sehingga diperoleh efisiensi adsorpsi ion fluorida. Pada adsorpsi ion fluorida ini juga ditentukan waktu kontak dan dosis adsorben paling optimum, selain itu pengaruh konsentrasi awal ion fluorida dan keberadaan anion kompetitor lainnya juga diuji. Jenis isotherm adsorpsi dan model kinetika adsorpsi dari proses adsorpsi ion fluorida dengan menggunakan kitosan-praseodimium sebagai adsorben juga ditentukan. Hal ini bertujuan untuk mempelajari lebih lanjut proses adsorpsi ion fluorida dengan menggunakan kitosan-praseodimium.

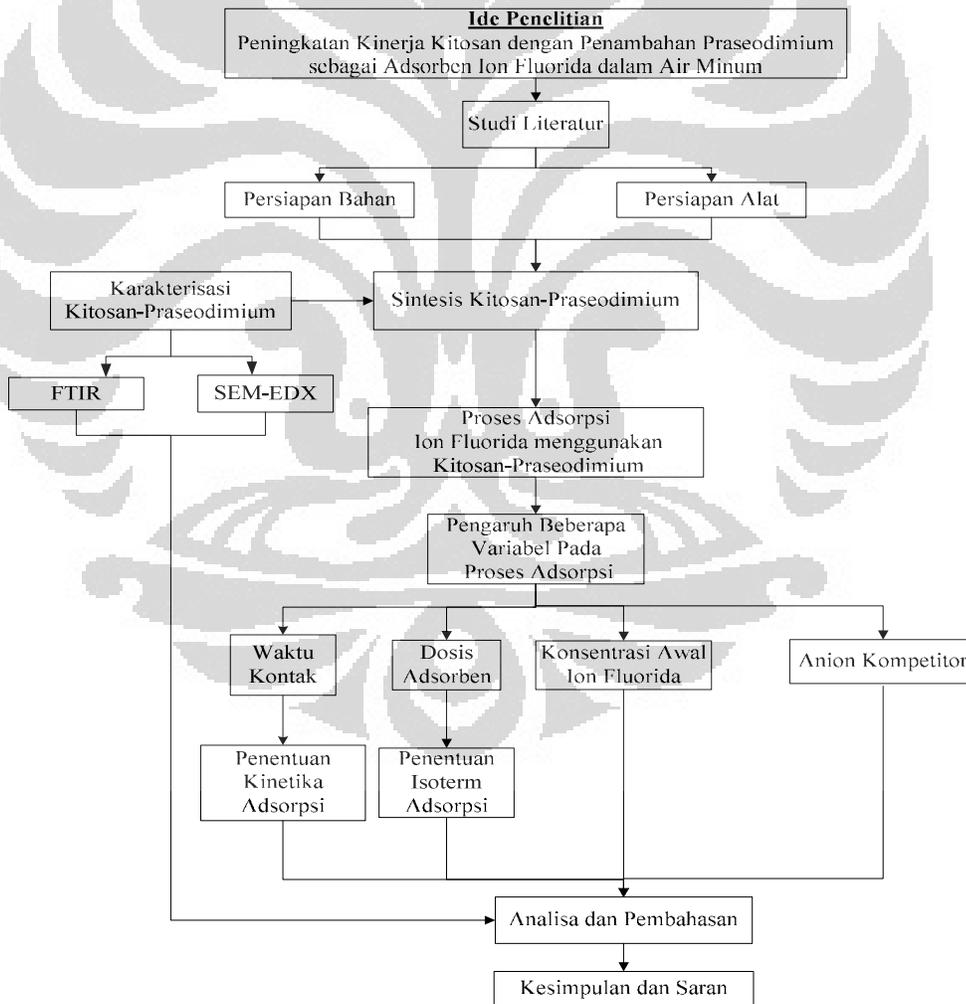
Adsorben kitosan-praseodimium yang diperoleh dikarakterisasi dengan menggunakan Fourier Transform Infra Red (FTIR) untuk melihat interaksi antara praseodimium dengan gugus fungsional dari material kitosan dan *Scanning Electron Microscope & Energy Dispersive X-ray* (SEM-EDX) untuk mengetahui morfologi dan kandungan mineral dalam adsorben tersebut. Penentuan konsentrasi dari ion fluorida yang terkandung dalam sampel ditentukan dengan menggunakan *ion selective electrode* (ISE).

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Penyusunan metodologi penelitian bertujuan untuk mendapatkan gambaran tahapan pelaksanaan tugas akhir secara sistematis. Dalam bab ini akan dibahas mengenai tahap-tahap penelitian hingga prosedur pengolahan data yang diperoleh dari hasil pegujian sampel.

3.1 Rancangan Penelitian

Pada sub bab ini akan diperlihatkan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini, rancangan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Rancangan Penelitian

3.2 Peralatan dan Bahan

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Neraca Analitis
2. *Magnetic Stirrer* + Stirer
3. Beaker glass, pipet volum, pipet tetes, gelas ukur, labu ukur
4. Kertas saring Whatman 42
5. Oven
6. pH meter
7. Termometer
8. *Fourier Transport Infra Red (FTIR)*
9. *Scanning Electron Microscope & Energy Dispersive X-ray Analyzer (SEM-EDX)*
10. *Ion Selective Electrode (ISE)*

Sedangkan untuk bahan yang digunakan adalah :

1. Kitosan

Material kitosan yang digunakan berbentuk *powder*, karakteristik kitosan yang digunakan pada penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1 Karakteristik Kitosan

No	Karakter
1	Warna : Putih Kekuningan
2	Derajat deasetilasi : 90,77 %

2. Garam $\text{Pr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Garam praseodimium nitrat digunakan sebagai material untuk meningkatkan kinerja kitosan sebagai adsorben.

3. NaF

Natrium fluorida (NaF) digunakan sebagai bahan baku untuk uji adsorpsi.

4. HCL & NaOH

Asam Klorida (HCl) dan Natrium Hidroksida (NaOH) berfungsi untuk mengatur pH larutan pada pengujian adsorpsi.

5. NaCl , Na₂SO₄ , NaNO₃ dan Na₂CO₃

Keempat anion ini digunakan untuk melihat pengaruh anion lain pada pengujian adsorpsi fluorida.

6. Aquabides dan Aquades

Aquabides digunakan sebagai pelarut garam praseodimium nitrat dan untuk mencuci endapan hasil sintesis. Sedangkan Aquades digunakan unrtuk membuat sediaan larutan ion fluorida pada pengujian adsorpsi.

3.3 Variabel Penelitian

Variasi yang dilakukan pada penelitian ini antara lain :

- Variabel bebas

Untuk variabel bebasnya meliputi :

1. Konsentrasi Praseodimium

Konsentrasi praseodimium divariasikan dengan tujuan untuk mengetahui jumlah optimum *loading* praseodimium dalam kitosan sebagai adsorben ion fluorida. *Loading* praseodimium dalam kitosan yang paling optimum akan digunakan untuk uji kinerja adsorben selanjutnya.

2. Waktu kontak, dosis adsorben dan konsentrasi awal fluorida

Variasi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan variabel - variabel tersebut terhadap kinerja adsorpsi kitosan-praseodimium. Selain itu variasi waktu kontak dan dosis adsorben juga digunakan untuk menentukan kinetika dan isoterm adsorpsi fluorida oleh kitosan-praseodimium.

- Variabel terikat

Untuk variabel terikat dari penelitian ini adalah jumlah ion fluorida yang dapat diserap oleh material kitosan-praseodimium.

3.4 Prosedur Penelitian

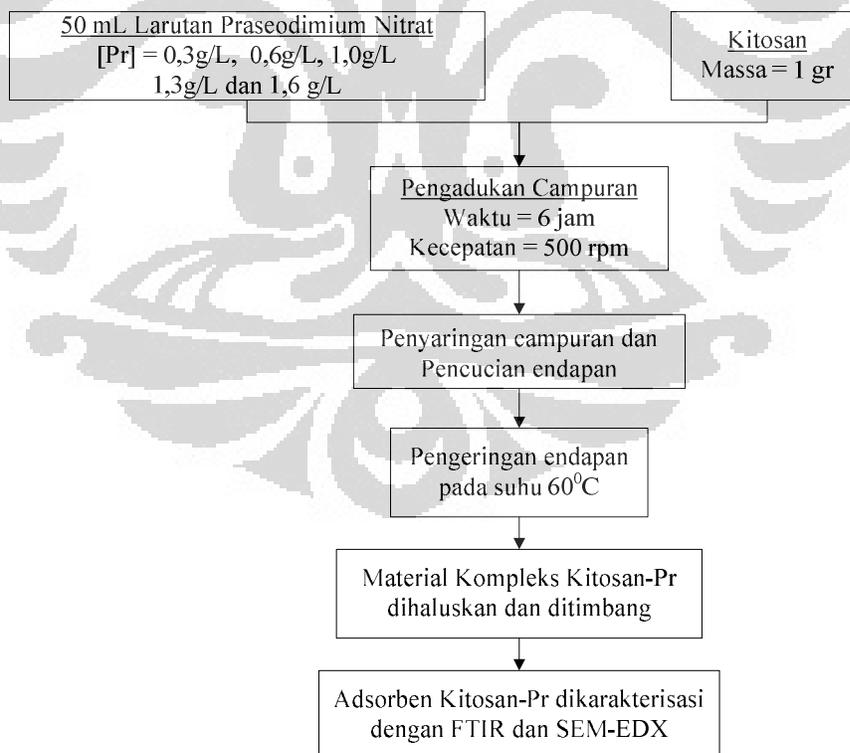
Prosedur penelitian ini terdiri atas sintesis, karakterisasi dan uji aktivitas senyawa kitosan-praseodimium terhadap kemampuannya untuk menyerap ion fluorida.

3.4.1 Sintesis Kitosan-Praseodimium

Sintesis kitosan-praseodimium ini dilakukan dengan metode impregnasi (Jagtap *et al.*, 2011). Tahapan sintesis kitosan-praseodimium (kitosan-Pr) adalah sebagai berikut :

1. Mencampur larutan 50 mL $\text{Pr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan konsentrasi praseodimium dalam larutan sebesar 0,3g/L; 0,6 g/L; 1g/L; 1,3 g/L dan 1,6 g/L dengan 1 gr kitosan, dan mengaduk suspensi tersebut menggunakan *magnetic stirer* selama 6 jam dengan kecepatan 500 rpm.
2. Menyaring suspensi kitosan-Pr menggunakan kertas saring Whatman 42 dan mencuci endapan dengan aquabides.
3. Mengeringkan material kitosan-Pr menggunakan oven pada suhu 60 °C.
4. Menghaluskan kitosan-Pr yang akan digunakan sebagai adsorben.
5. Mengkarakterisasi kitosan-Pr hasil sintesis menggunakan FTIR dan SEM-EDX.

Diagram alir proses sintesis kitosan-Pr ditunjukkan oleh Gambar 3.2 berikut ini :



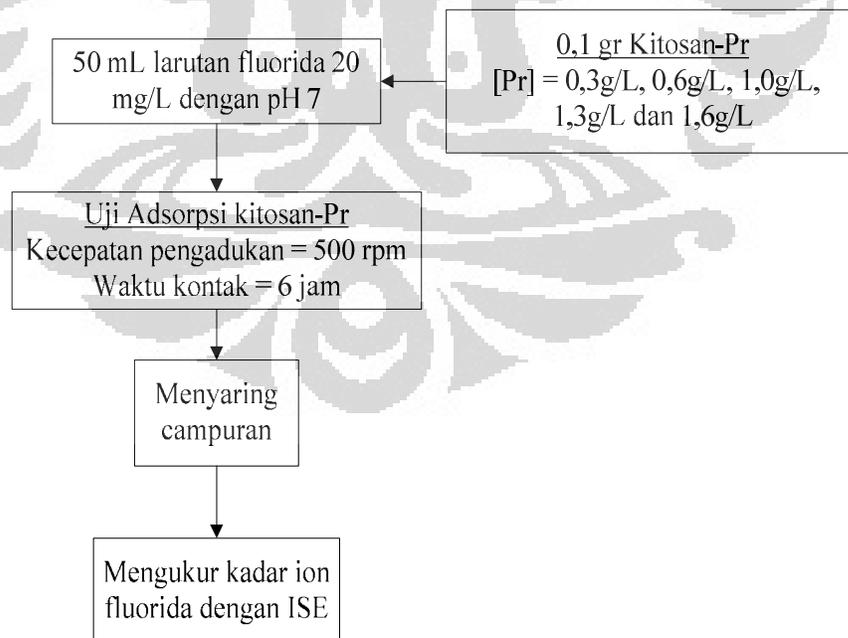
Gambar 3.2 Diagram alir proses sintesis kitosan-praseodimium

3.4.2 Adsorpsi Ion Fluorida Menggunakan Kitosan-Praseodimium

Uji adsorpsi ion fluorida dengan menggunakan kitosan-Pr dilakukan dengan sistem *batch* (Yao *et al.*, 2009). Pengujian dilakukan terhadap kitosan-Pr dengan konsentrasi praseodimium yang telah divariasikan dalam kitosan. Berikut tahapan yang dilakukan untuk mengetahui kemampuan kitosan-Pr sebagai adsorben untuk adsorpsi ion fluorida dalam air.

1. Mengatur pH 50 ml larutan ion fluorida 20 mg/L, pada pH 7 dengan penambahan NaOH 0,1 M atau HCl 0,1 M.
2. Menambahkan 0,1 g adsorben kitosan-0,3 g/L Pr hasil sintesis ke dalam larutan fluorida.
3. Mengaduk larutan menggunakan *magnetic stirrer* selama 6 jam dengan kecepatan 500 rpm, kemudian menyaring larutan menggunakan kertas saring Whatman 42.
4. Mengukur konsentrasi filtrat yang diperoleh menggunakan ISE.
5. Dilakukan pengujian yang sama untuk adsorben kitosan-Pr dengan variasi konsentrasi praseodimium sebesar 0,6g/L , 1,0g/L, 1,3g/L dan 1,6 g/L.

Diagram alir *loading* ion Pr^{3+} optimum pada kitosan sebagai adsorben ion fluorida ditunjukkan oleh Gambar 3.3 berikut ini :



Gambar 3.3 Diagram alir uji adsorpsi ion fluorida

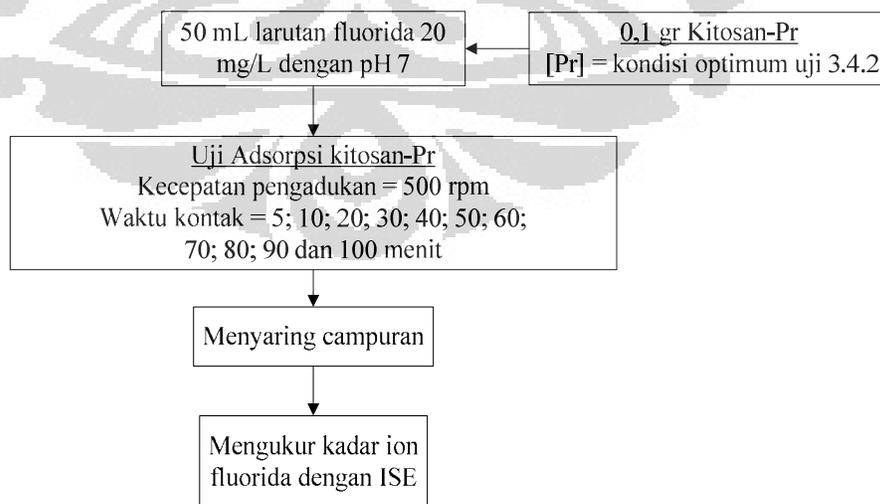
3.4.3 Pengaruh Beberapa Variabel terhadap Adsorpsi Ion Fluorida

Untuk mengetahui bagaimana kondisi optimum dan pengaruh beberapa variabel fisika-kimia terhadap kinerja dari kitosan-praseodimium sebagai adsorben pada adsorpsi ion fluorida, maka dilakukan beberapa variasi pada proses pengujian. Variabel yang divariasikan antara lain waktu kontak, dosis adsorben, konsentrasi awal ion fluorida dan penambahan anion kompetitor.

3.4.3.1 Waktu kontak

1. Mengatur pH 50 ml larutan ion fluorida 20 mg/L pada pH 7 dengan penambahan NaOH 0,1 M atau HCl 0,1 M.
2. Menambahkan 0,1 g adsorben kitosan-Pr dengan konsentrasi Pr yang paling optimum dari hasil uji 3.4.2.
3. Mengaduk larutan menggunakan *magnetic stirer* selama 5 menit dengan kecepatan pengadukan 500 rpm, kemudian menyaring larutan menggunakan kertas saring Whatman 42.
4. Mengukur konsentrasi filtrat yang diperoleh menggunakan ISE.
5. Dilakukan pengujian yang sama dengan variasi waktu kontak antara adsorben dengan ion fluorida selama 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 dan 100 menit.

Diagram penentuan pengaruh waktu kontak pada adsorpsi menggunakan kitosan-Pr terhadap ion fluorida ditunjukkan oleh Gambar 3.4 berikut ini :

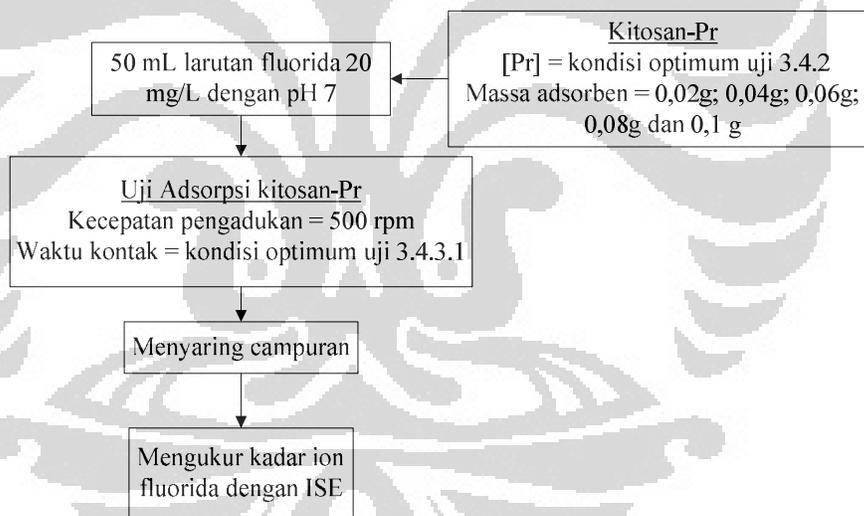


Gambar 3.4 Diagram alir uji waktu kontak pada adsorpsi ion fluorida

3.4.3.2 Dosis adsorben

1. Mengatur pH 50 ml larutan ion fluorida 20 mg/L pada pH 7 dengan penambahan NaOH 0,1 M atau HCl 0,1 M.
2. Menambahkan 0,02 g adsorben kitosan-Pr dengan konsentrasi Pr yang paling optimum dari hasil uji 3.4.2.
3. Mengaduk larutan menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan pengadukan 500 rpm dan waktu kontak antara adsorben dengan adsorbat digunakan waktu kontak kondisi optimum dari hasil uji 3.4.3.1, kemudian menyaring larutan menggunakan kertas saring Whatman 42.
4. Mengukur konsentrasi filtrat yang diperoleh menggunakan ISE.
5. Dilakukan pengujian yang sama dengan variasi dosis adsorben yang ditambahkan sejumlah 0,04 g; 0,06 g; 0,08 g; 0,1 g.

Diagram penentuan pengaruh dosis adsorben pada kemampuan daya serap kitosan-Pr terhadap ion fluorida ditunjukkan oleh Gambar 3.5 berikut ini :



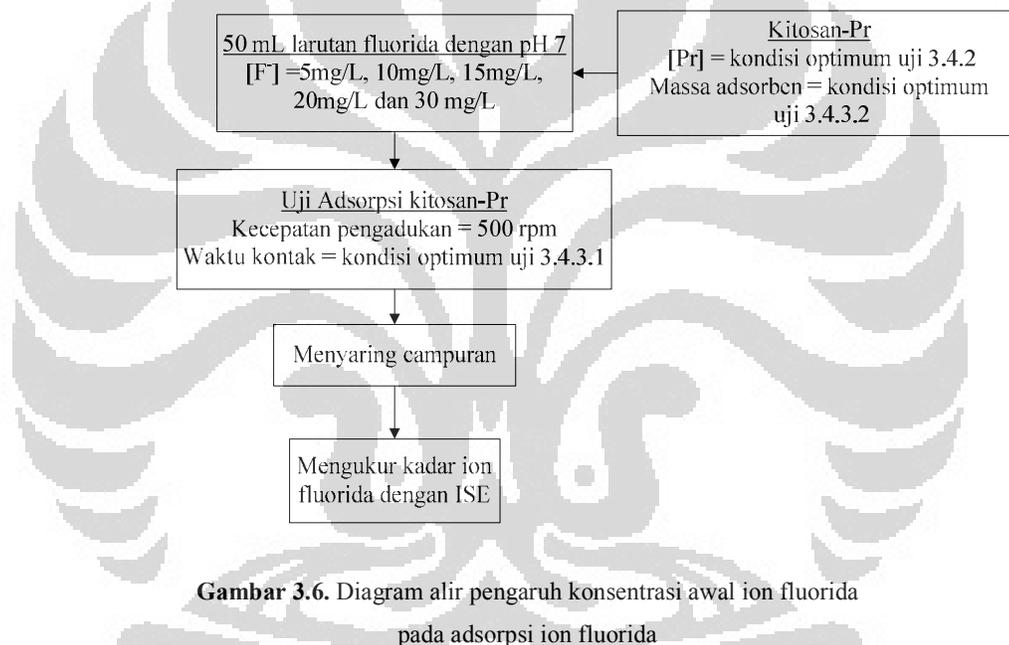
Gambar 3.5 Diagram alir penentuan dosis adsorben pada adsorpsi ion fluorida

3.4.3.3 Konsentrasi Awal Ion Fluorida

1. Mengatur pH 50 ml larutan ion fluorida 5 mg/L pada pH 7 dengan penambahan NaOH 0,1 M atau HCl 0,1 M.
2. Menambahkan adsorben kitosan-Pr dengan konsentrasi Pr dan massa adsorben yang paling optimum hasil uji 3.4.2 dan 3.4.3.2 ke dalam larutan fluorida.

3. Mengaduk larutan menggunakan *magnetic stirer* dengan kecepatan pengadukan 500 rpm dan waktu kontak yang digunakan adalah kondisi optimum dari hasil uji 3.4.3.1, kemudian menyaring larutan menggunakan kertas saring Whatman 42.
4. Mengukur konsentrasi filtrat yang diperoleh menggunakan ISE.
5. Dilakukan pengujian yang sama dengan variasi konsentrasi awal ion fluorida 10; 15; 20 dan 30 mg/L.

Diagram penentuan pengaruh konsentrasi awal ion fluorida pada kemampuan daya serap kitosan-Pr terhadap ion fluorida ditunjukkan oleh Gambar 3.6 berikut ini :



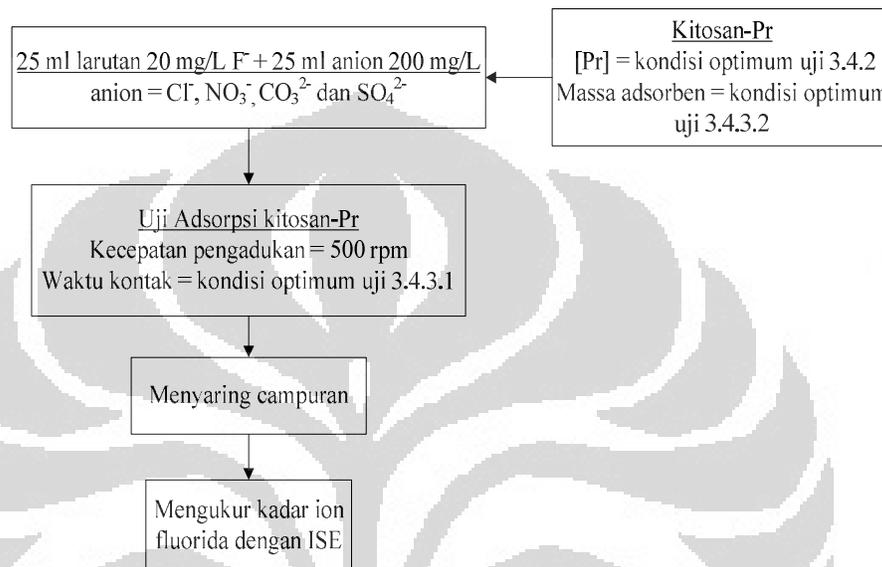
Gambar 3.6. Diagram alir pengaruh konsentrasi awal ion fluorida pada adsorpsi ion fluorida

3.4.3.4 Anion Kompetitor

1. Mencampur 25 ml larutan ion fluorida 20 mg/L dengan 25 ml larutan klorida 200 mg/L dalam *beaker glass*, kemudian mengukur pH campuran.
2. Menambahkan kitosan-praseodimium dalam larutan ion fluorida, dosis adsorben didapatkan dari hasil uji 3.4.3.2.
3. Mengaduk larutan menggunakan *magnetic stirer* dengan waktu kontak yang digunakan adalah kondisi optimum dari uji 3.4.3.1.
4. Menyaring larutan menggunakan kertas saring Whatman 42 dan mengukur konsentrasi filtrat yang diperoleh menggunakan ISE.

5. Dilakukan pengujian yang sama terhadap sampel kitosan-praseodimium dengan penambahan larutan sulfat, nitrat dan karbonat.

Diagram alir penentuan pengaruh penambahan anion kompetitor pada kemampuan daya serap kitosan-Pr terhadap ion fluorida ditunjukkan oleh Gambar 3.7 berikut ini :



Gambar 3.7 Diagram alir pengaruh anion kompetitor pada adsorpsi ion fluorida

3.5 Prosedur Pengambilan Sampel dan Analisis Data

Material Kitosan-praseodimium dikarakterisasi dengan menggunakan FTIR dan SEM-EDX. Sedangkan untuk penentuan kandungan ion fluorida hasil adsorpsi kitosan-praseodimium, ditentukan dengan menggunakan ISE.

3.5.1 Karakterisasi Kitosan-Praseodimium

Analisis FTIR bertujuan untuk mengetahui jenis ikatan kimia dari senyawa-senyawa yang terkandung di dalam sampel. Pada penelitian ini, karakterisasi kitosan-praseodimium menggunakan FTIR dengan tujuan untuk mengetahui gugus amina dan hidroksil pada kitosan yang berkoordinasi dengan Pr^{3+} . Senyawa kitosan memiliki gugus pada spektrum FTIR yaitu pada 3265 cm^{-1} untuk gugus NH, sedangkan gugus amida ditunjukkan dengan adanya spektrum sekitar 1655 cm^{-1} dan antara 1555 dan 1520 cm^{-1} (Kjartansson *et.al.*, 2006). Oleh karena itu, adanya ion praseodimium yang terikat dalam kitosan dapat

diindikasikan dengan adanya perubahan spektrum FTIR dan penurunan %T (%transmitan) pada material kitosan-praseodimium.

Morfologi dan komposisi unsur dalam kitosan diuji dengan *Scanning Electron Microscope & Energy Dispersive X-ray* (SEM-EDX). Pengujian SEM-EDX dilakukan untuk mengetahui morfologi serta mengetahui jumlah komposisi kimia dari material yang diuji (Kusrini *et al.*, 2010). Prinsip pengujian ini adalah dengan menembakan sampel menggunakan elektron, dan nantinya pantulan elektron dari tumbukan dengan sampel tadi akan ditangkap oleh detektor-detektor yang kemudian dapat menampilkan gambar struktur partikel pada monitor. Penambahan perangkat EDX pada SEM, digunakan untuk mengetahui persentase unsur-unsur yang terkandung di dalam material kitosan-praseodimium.

3.5.2 Penentuan Kandungan Ion Fluorida Dalam Air

Hasil adsorpsi ion fluorida dalam sampel air menggunakan kompleks kitosan-praseodimium ditentukan dengan menggunakan *Ion selektive electrode* (ISE). ISE memiliki kemampuan untuk merespon keberadaan ion lain dalam larutan, juga spesifik menyelidiki keberadaan gas dan ion dalam larutan. Untuk penelitian ini jenis ISE yang digunakan adalah ISE *fluoride* berupa *solid-state mono-crystalline membrane*. Jenis ISE didisain untuk mendeteksi ion fluorida (F^-) di dalam larutan. Hasil pengukuran ISE *fluoride* ini adalah berupa konsentrasi kandungan ion fluorida sisa yang terdapat dalam sampel.

3.6 Teknik Pengolahan Data

Pada penelitian ini, akan ditentukan kapasitas dan efisiensi adsorpsi ion fluorida dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Selain itu juga ditentukan isoterm adsorpsi dan model kinetika adsorpsi dari penyerapan fluorida dalam air minum.

3.6.1 Kapasitas dan Efisiensi Adsorpsi Ion Fluorida

Dari data-data pengukuran konsentrasi ion fluorida dalam air dengan menggunakan ISE (Yao *et al.*, 2009). Maka dapat dihitung efisiensi penyerapan

ion fluorida dan banyaknya ion fluorida yang diserap dari larutan atau dinyatakan juga sebagai kapasitas adsorpsi ion fluorida, dengan persamaan berikut:

$$\eta = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \quad (3.1)$$

$$q = \frac{V(C_0 - C_e)}{W} \quad (3.2)$$

Keterangan :

η (%) = efisiensi adsorpsi ion fluorida

q = kapasitas adsorpsi ion fluorida per satuan berat sorben (mg/g)

C_0 = konsentrasi awal ion fluorida (mg/L)

C_e = konsentrasi kesetimbangan ion fluorida dalam larutan (mg/L)

V = volume larutan (L)

W = massa adsorben yang digunakan dalam percobaan (g)

3.6.2 Penentuan Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi terkarakterisasi oleh nilai konstanta tertentu yang menggambarkan karakteristik permukaan, afinitas dari adsorben dan kapasitas adsorpsi dari adsorben. Untuk menggambarkan kesetimbangan adsorpsi ion fluorida dengan menggunakan kitosan-Pr ini, maka persamaan isoterm yang digunakan adalah model Langmuir dan Freundlich. Model isoterm Freundlich, merupakan indikasi dari heterogenitas permukaan sorben, diberikan dengan persamaan linier berikut ini:

$$\log q = \log k_F + \frac{1}{n} \log C_e \quad (3.3)$$

Keterangan :

k_F = faktor kapasitas Freundlich (mg^{-1})

$1/n$ = parameter intensitas Freundlich

Plot linear $\log q$ vs $\log C_e$ untuk menunjukkan penerapan isoterm Freundlich. Nilai $1/n$ dan k_F untuk sorben dihitung dari garis miring dan intersep dari plot linear $\log q$ vs $\log C_e$.

Model Langmuir yang berlaku untuk monolayer adsorpsi ke permukaan, adalah :

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{q_{\max} k_L} \times \frac{1}{C_e} + \frac{1}{q_{\max}} \quad (3.4)$$

Keterangan :

q_{\max} = kapasitas maksimum ion fluorida teradsorpsi per satuan berat sorben untuk pembentukan monolayer di daerah permukaan adsorben (mg/g).

k_L = konstanta yang berhubungan dengan afinitas daerah yang diikat oleh sorben (Konstanta isoterm Langmuir) (mg^{-1}).

Nilai-nilai parameter Langmuir q_{\max} dan k_L dihitung dari garis miring dan intersep dari plot linear $1/q$ vs $1/C_e$.

Untuk memprediksi efisiensi proses adsorpsi, dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$r = \frac{1}{1+k_L C_0} \quad (3.5)$$

Keterangan :

r = Dimensi kuantitas adsorpsi

3.6.3 Penentuan Model Kinetika Adsorpsi

Penelitian ini kondisi proses adsorpsinya sama halnya dengan proses adsorpsi yang telah dilakukan oleh Yao *et al.* (2009), dimana dilakukan pada pH 7,0 dengan konsentrasi awal ion fluorida sebesar 20 mgL^{-1} . Untuk model kinetika adsorpsi pada analisis ion fluorida ke partikel adsorben kitosan-Pr ini dilihat dari :

Model Pseudo orde pertama :

$$\frac{dq_t}{t} = k_1(q_1 - q_t) \rightarrow \log q_1 - q_t = \log q_1 - \frac{k_1 t}{2.303} \quad (3.6)$$

Model Pseudo orde kedua :

$$\frac{dq_t}{t} = k_2(q_2 - q_t)^2 \rightarrow \frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_2^2} + \frac{t}{q_2} \quad (3.7)$$

Keterangan :

q_t = penyerapan ion fluorida pada waktu t (mg/g)

q_1 & q_2 = kapasitas adsorpsi maksimum untuk pseudo-orde pertama dan kedua (mg/g)

k_1 & k_2 = konstanta untuk ion fluorida dalam proses sorpsi untuk pseudo orde pertama (menit^{-1}) dan kedua (g/mg.menit)

BAB 4

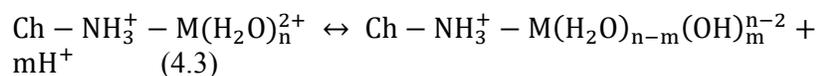
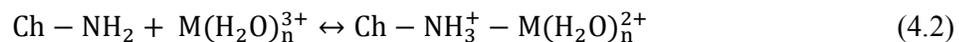
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan disajikan data-data hasil penelitian beserta pembahasannya yang meliputi hasil karakterisasi kitosan-praseodimium dan hasil pengujian adsorpsi ion fluorida menggunakan kitosan-praseodimium. Pada uji adsorpsi ini akan ditentukan konsentrasi praseodimium yang paling optimum dalam kitosan. Selain itu juga dibahas beberapa variabel yang mempengaruhi proses adsorpsi seperti waktu kontak, dosis adsorben, konsentrasi awal ion fluorida dan anion kompetitor. Penentuan isoterm adsorpsi dan model kinetika reaksi dari proses adsorpsi oleh kitosan-praseodimium juga akan dibahas dalam bab ini.

4.1 Sintesis Kitosan-Praseodimium

Kitosan memiliki kelebihan jika dibandingkan dengan adsorben lain seperti selulosa, karbon aktif dan alumina. Hal ini dikarenakan, kitosan mengandung gugus amina yang memiliki kemampuan untuk mengikat ion logam dengan membentuk kompleks (Jagtap *et al.*, 2011). Dalam penelitian ini, dilakukan modifikasi kitosan dengan penambahan ion praseodimium (Pr^{3+}), yang berfungsi untuk meningkatkan kinerja kitosan sebagai adsorben untuk menyerap ion fluorida dalam air minum.

Interaksi antara ion Pr^{3+} dengan gugus amina yang terdapat pada kitosan kemungkinan dapat terjadi melalui pertukaran ion pada permukaan adsorben atau pembentukan ikatan kovalen koordinasi. Menurut Kamble *et al.* (2007), gugus amina (NH_2) dalam kitosan akan bertindak sebagai donor elektron dan berfungsi sebagai agen pengkelat yang selektif terhadap ion logam trivalen (M^{3+}) membentuk kompleks yang akan mengikat ion fluorida (Kamble *et al.*, 2007). Mekanisme pembentukan kompleks tersebut, dapat dilihat pada reaksi berikut ini.



Pada proses sintesis, larutan praseodimium memiliki pH 5,2. Hal ini terjadi karena molekul-molekul air (H_2O) berkoordinasi dengan ion Pr^{3+} membentuk ligan. Saat kitosan mulai tersuspensi dalam larutan tersebut, maka ligan akan berkoordinasi dengan gugus amina ($-NH_2$) yang telah mengalami protonasi. Saat itu Pr^{3+} akan melepaskan beberapa ion H^+ sedangkan OH^- akan berkoordinasi dengan Pr^{3+} , hal inilah yang menyebabkan pH larutan semakin turun menjadi 4,3.

Proses sintesis dilakukan dengan mengaduk larutan yang berisi praseodimium dan kitosan selama 6 jam, hal ini bertujuan agar pada proses agitasi akan tercapai kondisi optimum *loading* ion Pr^{3+} dipermukaan kitosan. Menurut penelitian yang telah dilakukan Jagtap *et al.* (2011) saat proses impregnasi logam pada kitosan, dengan peningkatan waktu pengadukan dari 3 jam sampai 6 jam menyebabkan terjadinya peningkatan drastis dalam penyerapan ion fluorida dan setelah waktu pengadukan ditingkatkan hingga 9 jam tidak berpengaruh signifikan terhadap penyerapan ion fluorida. Oleh karena itu waktu pengadukan 6 jam dipilih sebagai waktu optimum untuk *loading* logam dalam senyawa kitosan (Jagtap *et al.*, 2011).

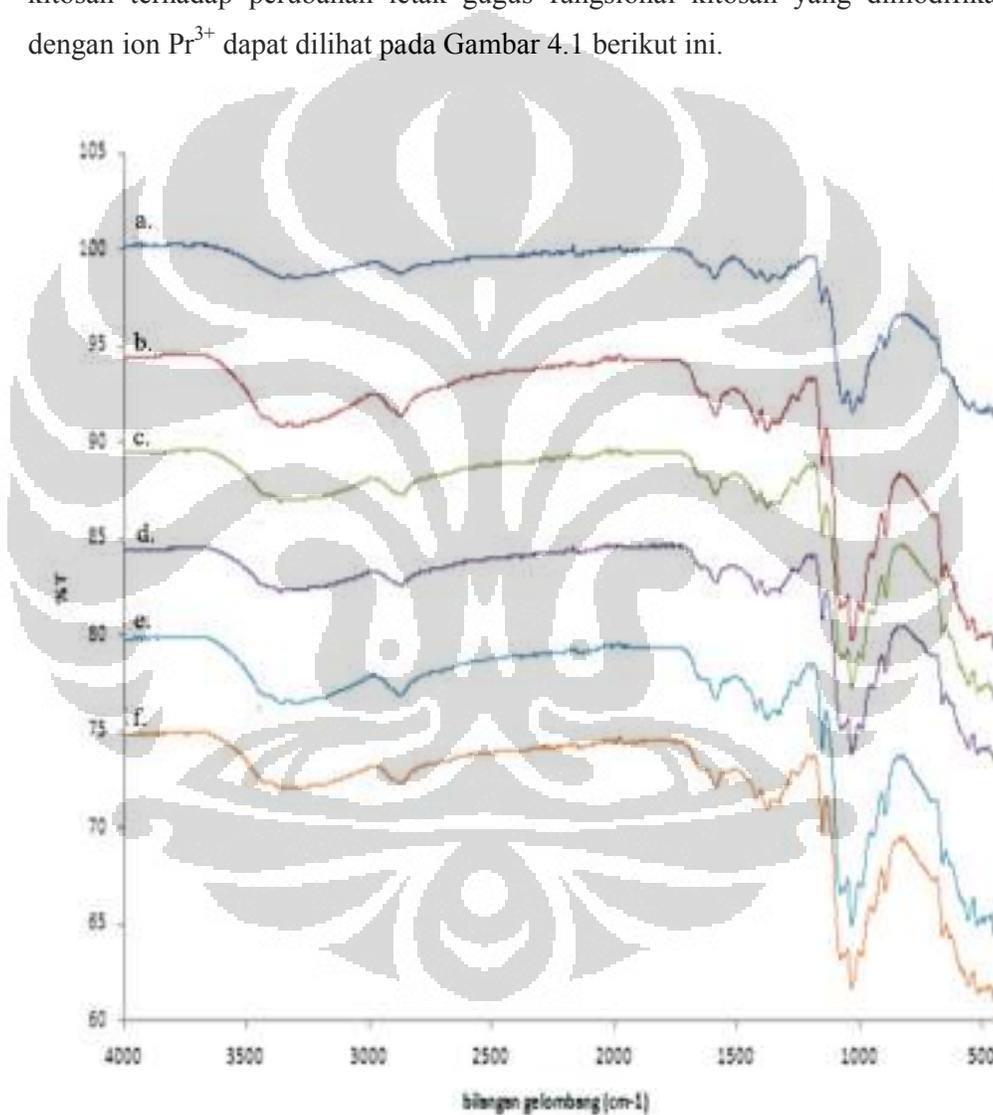
Setelah proses pengadukan, kompleks kitosan-Pr yang dihasilkan disaring dan dicuci menggunakan aquabides dengan tujuan untuk menghilangkan sisa kandungan pengotor yang terdapat pada kitosan-Pr, sehingga material ini aman digunakan untuk aplikasinya terhadap air minum (Nurlamba *et al.*, 2010). Sedangkan proses pengeringan pada suhu $60\text{ }^{\circ}C$ terhadap kompleks kitosan-Pr bertujuan agar saat proses adsorpsi ion fluorida adsorben yang digunakan tidak pecah dan mengembang di larutan sehingga menyebabkan menurunnya efisiensi adsorpsi (Jagtap *et al.*, 2011).

4.2 Karakterisasi Kitosan-Praseodimium

Karakterisasi kitosan-Pr dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif, yaitu dengan menggunakan FTIR dan SEM-EDX. Berikut hasil karakterisasi hasil sintesis kompleks kitosan-Pr.

4.2.1 Identifikasi Gugus Fungsi Kitosan-Praseodimium

Pada penelitian ini, FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi dari senyawa kitosan dan kitosan-Pr. Identifikasi gugus fungsi pada kitosan dilakukan sebagai pembandingan untuk analisa gugus fungsi yang terdapat pada kitosan-Pr. Untuk melihat lebih lanjut pengaruh dari penambahan ion Pr^{3+} pada kitosan terhadap perubahan letak gugus fungsional kitosan yang dimodifikasi dengan ion Pr^{3+} dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4.1 FTIR (a) kitosan (b) kitosan-0,3g/L Pr (c) kitosan-0,6g/L Pr (d) kitosan-1,0g/L Pr (e) kitosan-1,3g/L Pr dan (f) kitosan- 1,6g/L Pr

Interpretasi gugus fungsional FTIR kitosan dan kitosan-Pr dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Interpretasi Gugus Fungsi FTIR Kitosan dan Kitosan-Pr

Intrepretasi gugus fungsional	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)					
	Gambar 4.1 (a)	Gambar 4.1 (b)	Gambar 4.1 (c)	Gambar 4.1 (d)	Gambar 4.1 (f)	Gambar 4.1 (g)
vibrasi ulur O-H berimpit dengan N-H	3343	3323	3334	3333	3335	3333
vibrasi rentang C-H	2860	2855	2842	2842	2846	2842
vibrasi tekuk N-H amida	1639	1620	1631	1628	1631	1619
vibrasi N-H amina	1600	1577	1572	1574	1576	1571
vibrasi tekuk C-H dari CH ₂	1354	1364	1342	1349	1349	1335
vibrasi rentang C-O	1144	1115	1117	1117	1115	1117
vibrasi C-N (amina)	1032	1019	1020	1022	1021	1022

Tabel 4.1 menampilkan serapan gugus fungsi yang ada pada kitosan dan kitosan-Pr dengan variasi konsentrasi ion Pr³⁺. Dapat dilihat dari Gambar 4.1 FTIR pada kitosan dan kitosan-Pr, adanya penambahan logam praseodimium pada kitosan menyebabkan terjadinya pergeseran bilangan gelombang di beberapa puncak atau adanya pergeseran letak gugus fungsional pada senyawa tersebut.

Dari Tabel 4.1, dapat diketahui pada kitosan terdapat vibrasi regangan gugus O-H yang kemungkinan tumpang tindih dengan gugus N-H. Gugus fungsi tersebut berada pada bilangan gelombang 3343 cm⁻¹ menurun menjadi 3323 cm⁻¹ untuk kitosan-Pr 0,3 g/L, nilai ini juga tidak berbeda jauh dengan variasi konsentrasi ion Pr³⁺ lainnya. Nilai bilangan gelombang 3343 cm⁻¹ dan 3323 cm⁻¹ ini telah sesuai dengan vibrasi ulur yang menunjukkan adanya gugus amina pada senyawa kitosan tersebut (Viswanathan & Meenakshi, 2008).

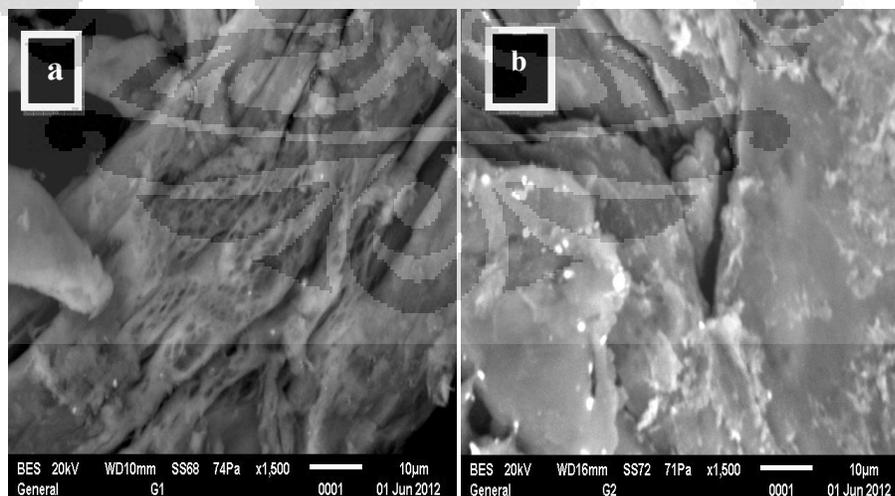
Sebagaimana diketahui gugus N-H merupakan gugus fungsional utama yang berikatan dengan ion Pr³⁺. Antara kitosan dengan kitosan-Pr, memperlihatkan terjadi pergeseran vibrasi tekuk N-H amina pada bilangan gelombang 1600 cm⁻¹ ke 1577 cm⁻¹ untuk kitosan-Pr. Hal ini dikarenakan dengan terikatnya Pr³⁺ pada gugus N-H menyebabkan ikatan yang lebih kuat pada gugus

amina tersebut, yang menyebabkan terjadinya pergeseran panjang gelombang gugus amina dari kompleks kitosan-Pr (Yao *et al.*, 2009).

Hal yang sama terjadi saat ion Pr^{3+} terikat dipermukaan kitosan maka terjadi pergeseran vibrasi tekuk gugus N-H amida, pada kitosan terlihat di daerah 1639 cm^{-1} bergeser menjadi 1620 cm^{-1} pada kitosan-Pr. Dengan adanya gugus N-H amida ini menunjukkan derajat deasetilasi kitosan yang digunakan $< 100\%$ karena masih adanya amida dari kitin yang tidak mengalami deasetilasi (Rahmi & Julinawati, 2009). Besarnya % Transmittan (%T) sangat dipengaruhi oleh konsentrasi, dan pengaruh pelebaran puncak untuk daerah serapan gugus O-H (Rahmi & Julinawati, 2009). Dari Gambar 4.1 dapat dilihat, semakin tinggi konsentrasi Pr^{3+} yang ditambahkan pada kitosan, maka %T spektra inframerah dari kompleks kitosan-Pr semakin rendah.

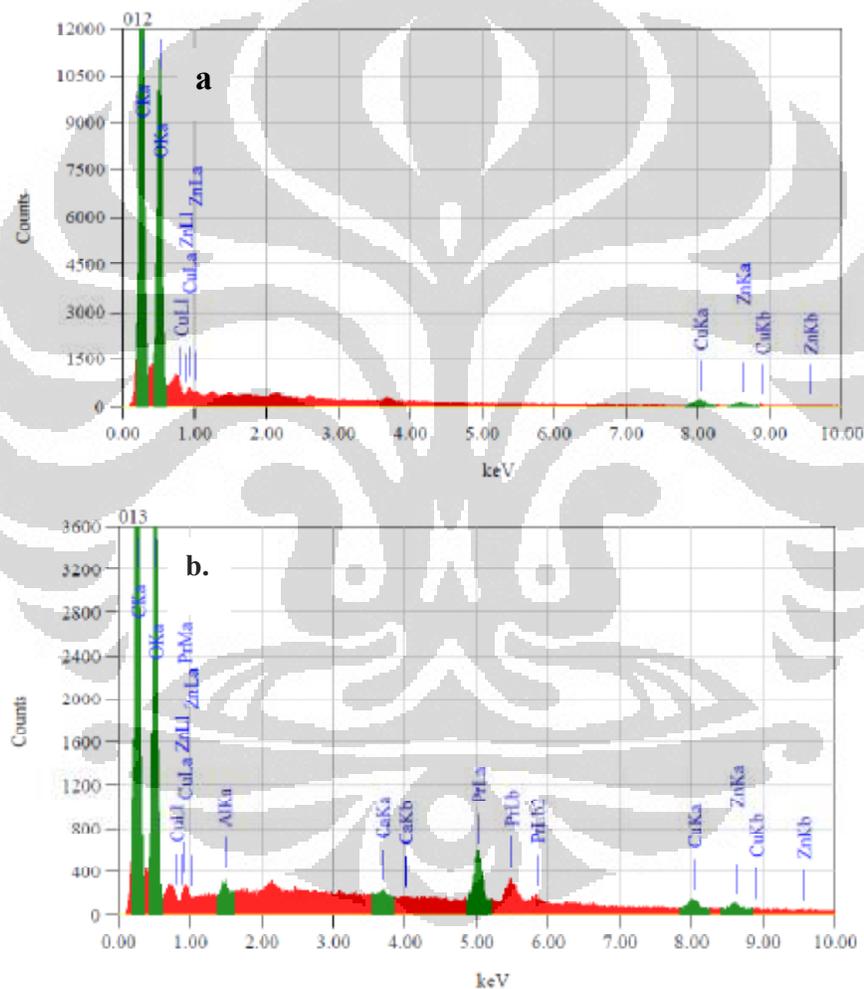
4.2.2 Identifikasi Morfologi dan Kandungan Unsur Kompleks Kitosan-Pr

Identifikasi keberadaan praseodimium pada kitosan dapat dilihat dari morfologi kitosan-Pr yang diperoleh dari pengujian SEM. Dari hasil SEM dibandingkan perubahan permukaan kitosan dengan kitosan-Pr. Gambar 4.2 (a) dan (b) menunjukkan hasil foto SEM untuk kitosan dan kitosan-Pr dengan perbesaran 1500x. Hasil pengujian SEM untuk kitosan dan kitosan-Pr dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut ini.



Gambar 4.2 Foto SEM (a) Kitosan dan (b) Kitosan-Pr dengan perbesaran 1500x

Berdasarkan hasil foto SEM pada Gambar 4.2 (a), morfologi kitosan tanpa adanya penambahan ion praseodimium memperlihatkan struktur kitosan dengan pori-pori dan permukaan yang tampak kecil dan halus serta memiliki penampang melintang berbentuk seperti batang. Sedangkan hasil foto SEM untuk kitosan-Pr pada Gambar 4.2 (b) memiliki luas penampang yang lebih lebar dari pada kitosan dan terdapat gumpalan kasar yang berasal dari ion Pr^{3+} yang terikat dipermukaan kitosan tersebut. Hal ini dapat dibuktikan dengan hasil pengukuran EDX pada Gambar 4.3 berikut ini.



Gambar 4.3 EDX permukaan (a) Kitosan dan (b) Kitosan-Pr

Berdasarkan Gambar 4.3 dapat dibandingkan unsur-unsur yang terdapat dalam kedua material kitosan dan kitosan-Pr. Sebagaimana diketahui pada Gambar 4.3 (a) merupakan grafik unsur-unsur yang terkandung dalam kitosan dan

Gambar 4.3 (b) merupakan grafik unsur-unsur yang terkandung dalam kitosan-Pr. Berdasarkan hasil EDX ini, terlihat jelas keberadaan unsur Pr yang telah berikatan dengan senyawa kitosan pada Gambar 4.3 (b). Jumlah masing-masing unsur yang terdapat dalam senyawa kitosan dan kompleks kitosan-Pr, ditampilkan dalam Tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.2 Analisis EDX Kitosan dan Kitosan-Pr

Unsur	Kitosan		Kitosan-Pr 1,0 g/L	
	% Massa	% Atom	% Massa	% Atom
C	48,84	56,75	47,26	58,14
O	49,06	42,79	43,80	40,45
Al	0	0	0,21	0,12
Ca	0	0	0,17	0,06
Cu	1,33	0,29	1,51	0,35
Zn	0,76	0,16	1,15	0,26
Pr	0	0	5,90	0,62

Dari Tabel 4.2 diatas diperoleh kandungan unsur Pr sebesar 5,90 %. Dari hasil ini membuktikan bahwa ion Pr^{3+} telah berikatan dengan kitosan dimana membentuk senyawa kompleks kitosan-praseodimium.

4.3 Adsorpsi Ion Fluorida Menggunakan Kitosan-Praseodimium

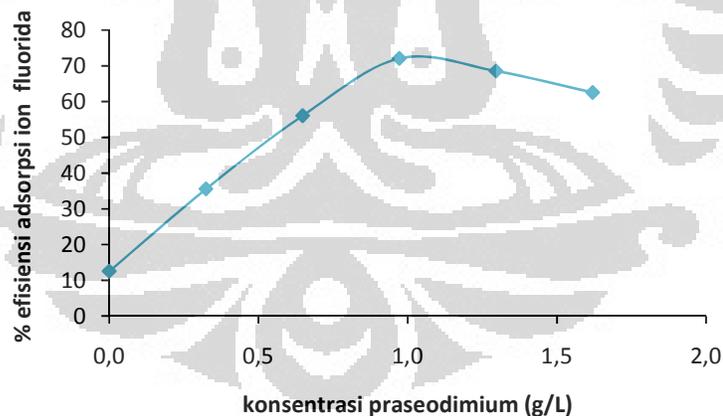
Pada penelitian ini, dilakukan variasi konsentrasi ion Pr^{3+} yang ditambahkan pada kitosan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kondisi optimum *loading* ion Pr^{3+} dalam kitosan yang digunakan sebagai adsorben untuk menyerap ion fluorida. Proses uji adsorpsi ion fluorida dengan kompleks kitosan-Pr dilakukan dengan menggunakan larutan yang mengandung ion fluorida sebesar 20 mg/L dan pH larutan dijaga tetap pada pH 7.

Proses adsorpsi yang dilakukan pada kondisi pH 7 dikarenakan pH 7 merupakan kondisi optimum untuk uji adsorpsi ion fluorida. Sebagaimaa penelitian yang telah dilakukan Yao *et al.* (2009), mereka menyatakan bahwa pH 7 merupakan kondisi optimum untuk pengujian adsorpsi ion fluorida. Pada pH kurang dari 7, terjadi protonasi kelompok amina di kitosan membentuk ion $-\text{NH}^{3+}$. Hal ini akan menyebabkan berkurangnya kemampuan mengikat dari ion logam

untuk adsorpsi fluorida. Sedangkan pada pH yang lebih tinggi dari 7, akan menyebabkan terjadinya presipitasi pada ion logam karena adanya persaingan antara ikatan -OH dengan ion fluorida secara bersamaan yang akan berkoordinasi dengan ion logam. Oleh karena itu pH 7 dipilih untuk adsorpsi ion fluorida karena daya serap ion logam yang melekat pada kitosan meningkat, seiring dengan seimbangnya jumlah konsentrasi ion H^+ dan ikatan -OH pada adsorben (Yao *et al.*, 2009).

Proses yang terjadi pada penyerapan ion fluorida dengan kitosan-Pr adalah gugus -OH pada kompleks kitosan-Pr digantikan oleh ion fluorida melalui mekanisme penggantian ligan. Saat kesetimbangan adsorpsi tercapai, maka pH larutan meningkat dikarenakan adanya gugus -OH yang lepas dari kitosan-Pr, sehingga nilai pH meningkat menjadi 7,9 (Yao *et al.*, 2009).

Dari variasi konsentrasi ion Pr^{3+} tersebut, pada konsentrasi awal ion fluorida 20 mg/L didapat efisiensi adsorpsi ion fluorida terbesar pada saat konsentrasi ion Pr^{3+} dalam kitosan sebesar 1 g/L dengan persentase penyerapan ion fluorida sebesar 72%. Sedangkan persentase efisiensi adsorpsi ion fluorida hanya menggunakan kitosan tanpa penambahan praseodimium diperoleh sebesar 12,5%.



Gambar 4.4 Hubungan variasi konsentrasi Pr terhadap efisiensi adsorpsi ion fluorida dengan konsentrasi awal ion fluorida 20 mg/L pada pH 7

Dari Gambar 4.4 dapat dilihat, peningkatan konsentrasi praseodimium yang ditambahkan kedalam kitosan menyebabkan semakin meningkatnya efisiensi adsorpsi ion fluorida, akan tetapi saat konsentrasi praseodimium melebihi

1 g/L, terjadi penurunan efisiensi adsorpsi. Hal ini dikarenakan konsentrasi praseodimium sebesar 1 g/L merupakan konsentrasi optimum untuk adsorpsi ion fluorida menggunakan kitosan-Pr.

Kemampuan penyerapan kitosan-Pr dapat dilihat dari nilai kapasitas adsorpsi (q). Peningkatan kapasitas adsorpsi terjadi karena adanya penyerapan ion fluorida yang semakin banyak dari larutan yang menempel pada permukaan adsorben. Dari hasil pengujian adsorpsi ion fluorida, kapasitas adsorpsi ion fluorida yang paling optimum untuk jenis adsorben kitosan-Pr ini adalah pada konsentrasi *loading* Pr^{3+} sebesar 1 g/L dengan kapasitas adsorpsi 7,2 mg/g. Dari Gambar 4.4 tersebut dapat dilihat perbandingan yang cukup signifikan pada penyerapan ion fluorida menggunakan kitosan tanpa penambahan ion Pr^{3+} atau dengan menggunakan kompleks kitosan-Pr. Hal ini menunjukkan dengan adanya ion Pr^{3+} dipermukaan kitosan, menyebabkan adsorben ini lebih efektif digunakan untuk menyerap ion fluorida jika dibandingkan hanya dengan menggunakan kitosan tanpa penambahan ion Pr^{3+} .

4.4 Pengaruh Beberapa Variabel Terhadap Kinerja Kitosan-Praseodimium

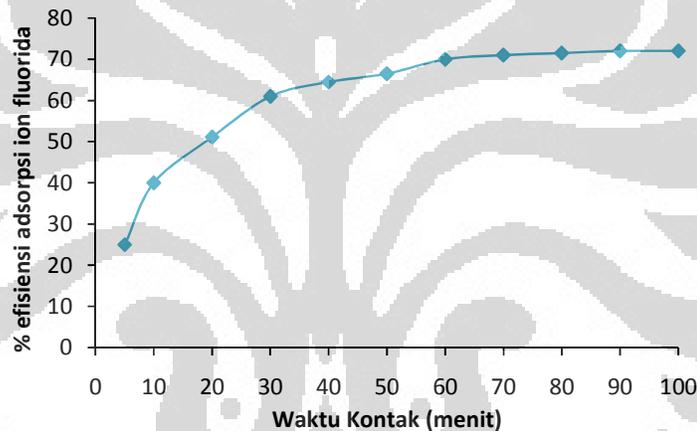
Pada penelitian ini, juga ditentukan pengaruh waktu kontak, dosis adsorben, konsentrasi awal ion fluorida dan penambahan anion kompetitor terhadap kemampuan kitosan-Pr sebagai adsorben untuk menyerap ion fluorida. Pada pengujian ini digunakan konsentrasi 1 g/L ion Pr^{3+} yang merupakan jumlah optimum ion Pr^{3+} yang terkandung dalam kitosan sebagai adsorben untuk menyerap ion fluorida. Kondisi suhu yang digunakan pada proses adsorpsi berlangsung pada suhu ruangan yaitu 27°C.

4.4.1 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Adsorpsi Ion Fluorida

Waktu kontak merupakan salah satu parameter penting dalam proses adsorpsi. Waktu kontak berkaitan dengan laju reaksi di mana dinyatakan sebagai perubahan konsentrasi spesi terhadap waktu. Penentuan waktu kontak digunakan untuk mendapatkan waktu pengadukan optimum selama proses *batch* sehingga adsorben dapat mengadsorpsi adsorbat hingga batas maksimal (Muhdarina *et al.*, 2010). Variasi waktu kontak yang dilakukan pada penelitian ini, menunjukkan

waktu yang dibutuhkan agar kesetimbangan adsorpsi tercapai dan mengetahui kemampuan maksimal kitosan-praseodimium dalam menyerap ion fluorida tersebut.

Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan waktu kontak antara adsorben dan adsorbat pada variasi waktu kontak 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 dan 100 menit. Dari hasil pengujian dengan menggunakan konsentrasi awal ion fluorida sebesar 20 mg/L, pada 5 menit pertama uji adsorpsi diperoleh efisiensi adsorpsi ion fluorida sebesar 25% dan kapasitas adsorpsi 2,5 mg/g. Untuk 10 menit selanjutnya terjadi peningkatan jumlah ion fluorida yang terserap hingga pada waktu kontak 60 menit terjadi peningkatan tajam terhadap kenaikan efisiensi adsorpsi ion fluorida mencapai 71% dengan kapasitas adsorpsi sebesar 7,1 mg/g.



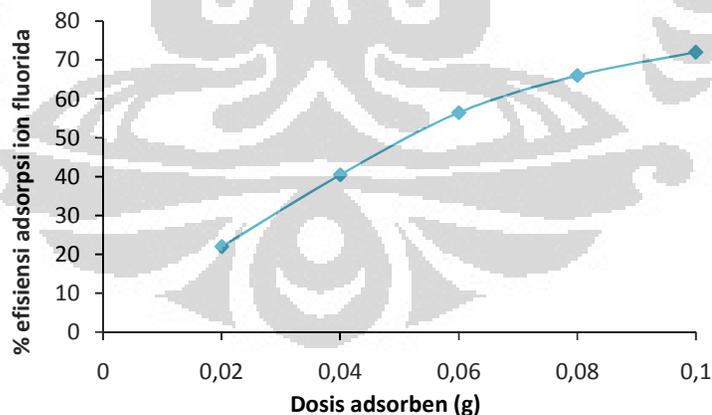
Gambar 4.5 Hubungan waktu kontak terhadap efisiensi adsorpsi ion fluorida dengan konsentrasi awal ion fluorida 20 mg/L pada pH 7

Dari Gambar 4.5 dapat dilihat dengan semakin meningkatnya waktu kontak antara adsorben dengan ion fluorida, maka efisiensi penyerapan ion fluorida semakin besar, dan akan tetap konstan saat tercapainya kesetimbangan. Kesetimbangan akan terjadi saat jumlah ion fluorida yang diserap oleh adsorben tidak berubah secara signifikan atau konstan, ini menandakan bahwa kitosan-praseodimium telah jenuh mengadsorpsi ion fluorida. Dari Gambar 4.5 setelah menit ke-60 dimana saat waktu kontak 70 menit, diperoleh kenaikan efisiensi ion fluorida tidak terlalu signifikan yaitu sebesar 71,25%. Oleh karena itu kesetimbangan adsorpsi tercapai pada saat menit ke-60.

Pada percobaan, saat menit-menit pertama banyak sisi adsorben yang kosong sehingga kecenderungan ion fluorida untuk terserap ke adsorben semakin tinggi. Dengan bertambahnya waktu kontak, jumlah adsorbat yang terserap pada permukaan adsorben semakin meningkat hingga tercapai titik setimbang. Waktu kontak antara adsorben dengan adsorbat yang terlalu lama dapat menyebabkan kondisi adsorben menjadi jenuh, selain itu waktu kontak yang terlalu lama juga dapat menyebabkann perubahan pH akhir menjadi lebih tinggi (Zafira, 2010). Waktu optimum yang diperoleh dari variasi waktu kontak selanjutnya digunakan untuk menentukan persentase adsorpsi ion fluorida pada variasi dosis adsorben.

4.4.2 Pengaruh Dosis Adsorben Terhadap Adsorpsi Ion Fluorida

Variasi dosis adsorben yang ditambahkan pada larutan fluorida menghasilkan efisiensi adsorpsi ion fluorida yang berbeda-beda sesuai dengan kapasitas adsorpsi dari adsorben yang digunakan. Penentuan dosis optimum adsorben penting untuk diuji, hal ini bertujuan untuk memperoleh jumlah optimum kitosan-Pr yang digunakan sebagai adsorben untuk adsorpsi ion fluorida. Dari hasil pegujian, dosis optimum untuk adsorpsi ion fluorida terjadi pada penambahan 0,1 g adsorben kitosan-Pr dengan persentase efisiensi adsorpsi ion fluorida sebesar 72%.

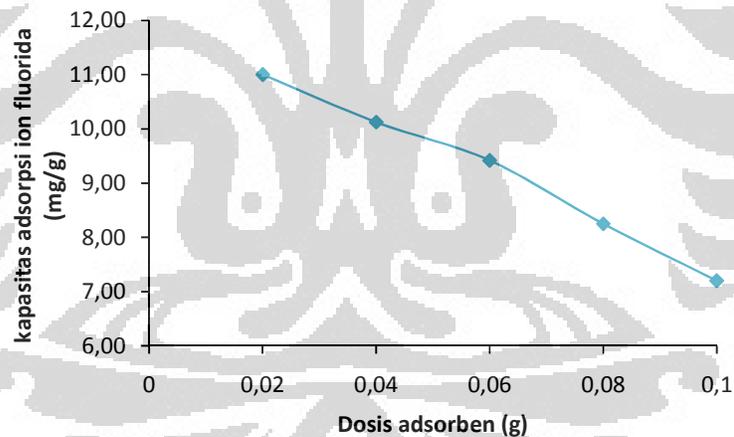


Gambar 4.6 Hubungan dosis adsorben terhadap efisiensi adsorpsi ion fluorida dengan konsentrasi awal ion fluorida 20 mg/L pada pH 7

Dari Gambar 4.6 dapat dilihat adsorpsi fluorida semakin meningkat dengan naiknya dosis adsorben yang ditambahkan. Dimana, kandungan ion

fluorida dalam air menurun karena bertambahnya ikatan ion fluorida yang sebanding dengan penambahan dosis adsorben. Jika setelah tercapai kondisi optimum dilakukan penambahan adsorben lebih besar lagi maka adsorpsi akan menjadi konstan, hal ini diduga bahwa adsorben sudah tidak mampu lagi untuk menyerap ion fluorida yang masih tersisa (Viswanathan & Meenakshi, 2008).

Di sisi lain, kapasitas adsorpsi kitosan-Pr semakin menurun dengan meningkatnya dosis adsorben. Pada Gambar 4.7 saat 0,02 g kitosan-Pr ditambahkan ke dalam larutan yang mengandung 20 mg/L ion fluorida, menghasilkan kapasitas adsorpsi sebesar 11,00 mg/g. Sedangkan saat dosis adsorben kitosan-Pr yang ditambahkan sebanyak 0,1 g menghasilkan kapasitas adsorpsi paling kecil yaitu sebesar 7,2 mg/g. Hal ini dikarenakan ketika dosis adsorben terlalu tinggi gugus aktif yang bertindak sebagai pengikat ion fluorida pada permukaan bersifat tak jenuh. Dengan demikian, jumlah ion fluorida yang teradsorpsi per satuan berat adsorben berkurang ketika dosis meningkat (Jiang *et al.*, 2009).



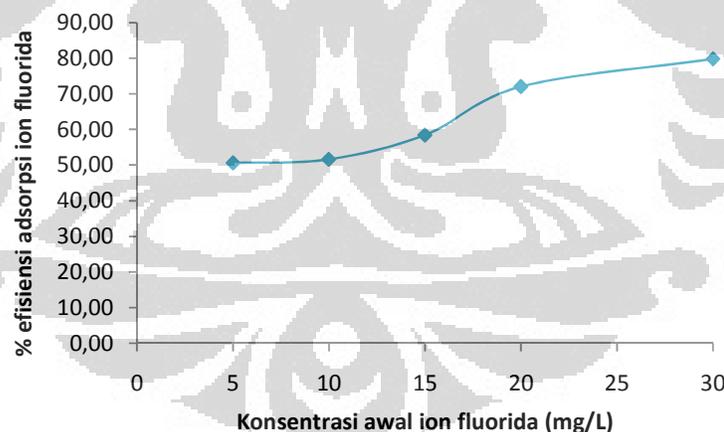
Gambar 4.7 Hubungan kapasitas adsorpsi terhadap dosis adsorben dengan konsentrasi awal ion fluorida 20 mg/L pada pH 7

Kondisi optimum yang diperoleh dari hasil pengujian dosis adsorben ini, digunakan untuk pengujian adsorpsi ion fluorida selanjutnya.

4.4.3 Pengaruh Konsentrasi Awal Ion Fluorida Terhadap Adsorpsi Ion Fluorida

Pengujian pengaruh konsentrasi awal ion fluorida ini dilakukan untuk mengetahui pola penyerapan fluorida. Semakin besar konsentrasi awal diharapkan untuk memperoleh kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi. Alasannya adalah bahwa konsentrasi awal yang lebih tinggi memberikan kekuatan pendorong untuk mengatasi semua resistensi dari ion fluorida antara fase cair dan padat, sehingga meningkatkan penyerapan (Yao *et al.*, 2009).

Efisiensi adsorpsi ion fluorida meningkat dengan semakin bertambahnya konsentrasi awal ion fluorida. Hal ini dibuktikan dari hasil pengujian, dimana pada konsentrasi awal ion fluorida 5 mg/L diperoleh efisiensi adsorpsi sebesar 50,6 %, saat konsentrasi awal ion fluorida dinaikkan menjadi 10 mg/L efisiensi yang diperoleh menjadi 51,6 %. Begitu juga dengan kapasitas adsorpsi yang berbanding lurus dengan efisiensi adsorpsi ion fluorida, saat konsentrasi awal fluorida 5 mg/L, kapasitas adsorpsi yang diperoleh sebesar 1,27 mg/g dan ketika konsentrasi awal ion fluorida dinaikkan menjadi 10 mg/L kapasitas adsorpsi meningkat menjadi 2,58 mg/g.



Gambar 4.8 Hubungan konsentrasi awal ion fluorida terhadap efisiensi adsorpsi ion fluorida dengan konsentrasi awal ion fluorida 20 mg/L pada pH 7

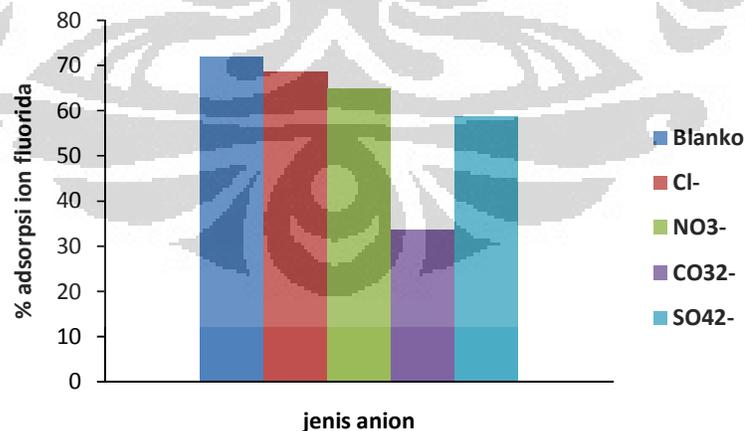
Dari Gambar 4.8 diatas diperoleh hasil yang menunjukkan kemampuan penyerapan kitosan-Pr meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi fluorida. Hasil yang sama juga telah diperoleh oleh Jagtap *et al.* (2009), dimana, konsentrasi awal ion fluorida yang lebih besar memiliki kapasitas adsorpsi ion

fluorida yang lebih besar. Hal ini dikarenakan, jumlah ion fluorida yang tersedia untuk adsorpsi meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi awal ion fluorida, dan jumlah ion fluorida yang tersedia untuk diserap oleh adsorben akan semakin tinggi (Jagtap *et al.*, 2009).

4.4.4 Pengaruh Anion Kompetitor Terhadap Adsorpsi Ion Fluorida

Sebagaimana yang kita ketahui didalam air banyak mengandung anion lain selain ion fluorida. Penggunaan adsorben kitosan-Pr sebelumnya hanya diuji untuk larutan ion fluorida saja. Oleh karena itu, dilakukan pengujian pengaruh penambahan anion kompetitor terhadap kinerja adsorben kitosan-praseodimium sebagai adsorben untuk menyerap ion fluorida. Pengujian yang dilakukan menggunakan anion yang biasa terdapat didalam air antara lain klorida (Cl^-), nitrat (NO_3^{2-}), karbonat (CO_3^{2-}) dan sulfat (SO_4^{2-}).

Dari hasil uji adsorpsi ion fluorida, adanya penambahan ion Cl^- , NO_3^{2-} dan SO_4^{2-} menyebabkan penurunan efisiensi adsorpsi ion fluorida sebesar 68,65%, 64,75% dan 58,7%. Walaupun hasil ini tidak terlalu berbeda jauh dengan kondisi adsorpsi ion fluorida tanpa adanya anion kompetitor, namun dengan adanya anion lain dalam air akan memberikan pengaruh terhadap kinerja adsorpsi ion fluorida. Bahkan dengan adanya ion CO_3^{2-} , terjadi penurunan adsorpsi ion fluorida yang sangat signifikan yaitu sebesar 33,5%.



Gambar 4.9 Pengaruh anion kompetitor terhadap efisiensi adsorpsi ion fluorida pada konsentrasi awal ion fluorida 20 mg/L pada pH 7 dengan waktu kontak 60 menit

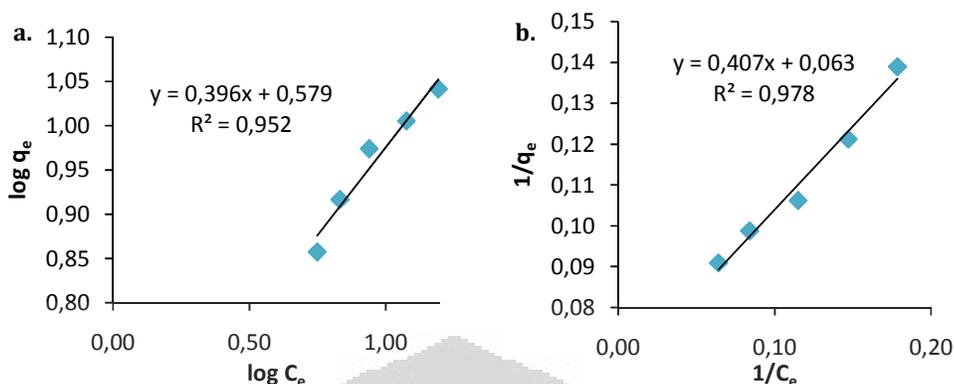
Dari Gambar 4.9 dapat dilihat, berkurangnya efisiensi adsorpsi ion fluorida dengan adanya anion kompetitor. Pengurangan ini terjadi disebabkan oleh adanya perubahan pH dari air yang diuji. Dimana larutan yang mengandung ion fluorida semula memiliki pH 7, saat penambahan Cl^- , NO_3^{2-} , CO_3^{2-} dan SO_4^{2-} ke dalam larutan yang mengandung ion fluorida, terjadi perubahan pH larutan yaitu menjadi 7,93; 7,2; 10,06 dan 6,89. Hasil ini memperlihatkan bahwa dengan adanya anion lain yang terkandung didalam air minum, akan mengganggu kinerja kitosan-Pr untuk menyerap ion fluorida secara maksimal karena adanya persaingan dari anion lain untuk adsorpsi dengan ion fluorida (Jagtap *et al.*, 2009).

Pada uji adsorpsi ion fluorida yang telah dilakukan oleh Kamble *et al.* (2007), dengan adanya anion lain yang terkandung dalam air akan memberikan pengaruh pada adsorpsi ion fluorida, hal ini dikarenakan perubahan pH dalam air dimana penyerapan ion fluorida akan semakin menurun seiring dengan meningkatnya pH larutan. Perubahan pH ini disebabkan oleh adanya persaingan gugus hidroksil pada larutan dengan ion fluorida secara bersamaan yang akan berkoordinasi dengan ion logam yang berikatan dengan kitosan (Kamble *et al.*, 2007). Dengan kata lain, daya serap kitosan-Pr terhadap ion fluorida akan menurun dengan adanya anion kompetitor dalam air minum yang diuji.

4.5 Penentuan Isoterm Adsorpsi dan Kinetika Adsorpsi

4.5.1 Isoterm Adsorpsi

Untuk melihat berapa besar mekanisme penyerapan dari adsorben pada proses adsorpsi, data yang didapat dianalisis untuk memperoleh persamaan isoterm adsorpsi. Dari persamaan isoterm adsorpsi tersebut dapat dilihat karakteristik isoterm berupa kapasitas dan mekanisme proses adsorpsi (Ho *et al.*, 2002). Grafik yang diperoleh dari perhitungan isoterm adsorpsi ini menunjukkan hubungan antara banyaknya adsorben dengan satuan berat adsorben dan jumlah adsorbat pada saat setimbang. Seperti yang telah diutarakan pada bab sebelumnya, persamaan isoterm yang digunakan dalam penelitian ini adalah persamaan Freundlich dan persamaan Langmuir. Hasil yang diperoleh dari penentuan kedua model isoterm adsorpsi tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.10 berikut ini.



Gambar 4.10 Linearitas isoterm adsorpsi (a) Freundlich (b) Langmuir

Pada Gambar 4.10 (a) disajikan kurva pola isoterm adsorpsi Freundlich dengan persamaan garis lurus $y = 0,396x + 0,579$ yang memiliki gradien $1/n = 0,296$ dan memotong sumbu $\log q_e$ pada $0,579$, sehingga diperoleh nilai kapasitas adsorpsi maksimum yang diperoleh dengan model isoterm Freundlich (k_f) adalah $3,79/\text{mg}$ dengan nilai $R^2 = 0,952$. Nilai intensitas adsorpsi menggunakan model isoterm Freundlich (n) diperoleh sebesar $2,525$.

Pada Gambar 4.10 (b) disajikan kurva pola isoterm adsorpsi Langmuir dengan persamaan garis lurus $y = 0,407x + 0,063$, yang memiliki gradien $1/q_{\text{maks}}$ $k_L = 0,407$ dan garis ini memotong sumbu $1/q_e$ pada $0,063$ dengan menghasilkan nilai regresi (R^2) sebesar $0,978$. Sehingga diperoleh harga kapasitas adsorpsi maksimum isoterm Langmuir sebesar (q_{maks}) $= 15,87 \text{ mg/g}$ dan konstanta kesetimbangan (k_L) isoterm Langmuir diperoleh sebesar $0,15/\text{mg}$, dimana nilai ini secara kuantitatif menggambarkan jumlah molekul adsorbat teradsorpsi menuju permukaan adsorben (Zafira, 2010). Nilai dimensi kuantitas adsorpsi (r) diperoleh sebesar $0,24$. Nilai r tersebut menunjukkan penyerapan ion fluorida pada adsorben bersifat *favourable*, sebagaimana yang dinyatakan oleh Islam & Patel (2007), bahwa nilai $r < 1$ menandakan proses adsorpsi bersifat *favourable* (Islam & Patel, 2007).

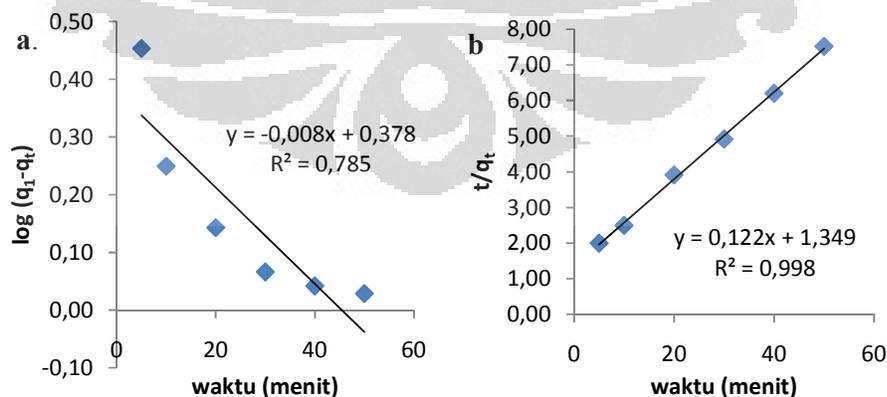
Tabel 4.3 Parameter Isoterm Adsorpsi Freundlich & Langmuir

Studi Isoterm Adsorpsi	Isoterm Freunlich			Isoterm Langmuir			
	k_f (mg^{-1})	n	R^2	q_{max} (mg g^{-1})	k_L (mg^{-1})	r	R^2
Kitosan-Praseodimium	3,79	2,525	0,952	15,87	0,15	0,24	0,978

Berdasarkan nilai regresi R^2 isoterm adsorpsi di atas, kedua model isoterm adsorpsi ini memiliki nilai R^2 yang hampir sama, yaitu mendekati satu. Namun, dari kedua model isoterm adsorpsi tersebut nilai R^2 yang paling mendekati satu yaitu model isoterm Langmuir. Dengan begitu, proses adsorpsi ion fluorida oleh kitosan-Pr sesuai dengan model kesetimbangan isoterm Langmuir. Ini menunjukkan bahwa proses adsorpsi ion fluorida merupakan adsorpsi yang terjadi karena adanya ikatan kimia antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Model adsorpsi Langmuir di dasarkan hipotesis kimia, disana tidak terjadi interaksi disamping itu molekul adsorben dan proses adsorpsi terdistribusi secara homogen dengan membentuk lapisan monolayer diatas permukaan adsorben dan sekali molekul adsorbat menempati tempat pada permukaan adsorben maka tidak ada lagi penyerapan yang dapat terjadi pada tempat tersebut (Zafira, 2010).

4.5.2 Kinetika Adsorpsi

Model kinetika adsorpsi digunakan untuk menentukan tingkat laju adsorpsi adsorbat. Laju adsorpsi merupakan langkah sangat penting dalam setiap proses adsorpsi terutama untuk merancang sebuah sistem adsorpsi dari proses *batch* skala besar (Bulut *et al.*, 2008). Pengetahuan model kinetika adsorpsi diperlukan untuk merancang suatu proses adsorpsi yang lebih ekonomis dan sesuai dengan masa tinggal reaktan. Model kinetika adsorpsi yang paling umum diterapkan dalam studi adsorpsi ion fluorida adalah pseudo orde pertama dan pseudo orde kedua (Ho & McKay, 2000).



Gambar 4.11 Linearitas kinetika adsorpsi, (a) Pseudo orde pertama dan (b) Pseudo orde kedua

Penentuan model kinetika adsorpsi pseudo orde pertama menggunakan persamaan 3.6. Pada Gambar 4.11 (a) plot garis lurus dari $\log(q_1 - q_t)$ terhadap waktu (t), diperoleh persamaan $y = -0,008x + 0,378$ sehingga diperoleh nilai q_1 atau kapasitas serapan maksimum untuk pseudo orde pertama adalah 2,39 mg/g. Laju adsorpsi untuk pseudo orde pertama (k_1) adalah $0,02 \text{ min}^{-1}$. Nilai ini berbanding terbalik dengan kecepatan adsorpsi, semakin besar nilai k maka semakin lambat laju adsorpsinya (Zafira, 2010). Model kinetika pseudo orde pertama didasarkan pada asumsi bahwa laju adsorpsi sebanding dengan jumlah zat teradsorpsi.

Untuk kinetika adsorpsi pseudo orde kedua ditentukan dengan menggunakan persamaan 3.7. Dari Gambar 4.11 (b), dimana plot t/q_t terhadap waktu (t) memberikan persamaan linear $y = 0,122x + 1,349$ dan diperoleh nilai kapasitas adsorpsi maksimum untuk model kinetika reaksi pseudo orde kedua (q_2) sebesar 8,20 mg/g dengan laju adsorpsinya (k_2) 0,01 (g/mg.menit). Secara umum, nilai laju adsorpsi pseudo orde kedua konstan dengan meningkatnya konsentrasi adsorbat (Ho & McKay, 1999).

Tabel 4.4 Parameter Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Pertama & Kedua

Studi Kinetika Adsorpsi	Pseudo orde pertama			Pseudo orde kedua		
	k_1 (min^{-1})	q_1 (mg/g)	R^2	k_2 (g/mg.menit)	q_2 (mg/g)	R^2
Kitosan-Praseodimium	0,02	2,39	0,785	0,01	8,20	0,998

Berdasarkan data analisis model kinetika adsorpsi, dapat diketahui bahwa adsorpsi ion fluorida menggunakan kitosan-Pr mengikuti model pseudo orde kedua. Hal ini ditunjukkan dengan nilai R^2 untuk pseudo orde kedua yang mendekati satu, dimana nilai R^2 ini merupakan nilai koefisien korelasi dari grafik. Nilai R^2 semakin mendekati satu memiliki data yang linier. Adsorpsi fluorida menggunakan kitosan-Pr mengikuti model kinetik pseudo orde kedua sesuai dengan beberapa penelitian yang juga telah melakukan pengujian adsorpsi ion fluorida karena data nilai R^2 model ini lebih baik dari pada nilai R^2 pseudo orde pertama (Yao *et al.*, 2009). Selain itu, model kinetika adsorpsi pseudo orde kedua, merupakan model kinetika adsorpsi yang mendukung model isoterm Langmuir menandakan bahwa reaksi yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat identik dengan reaksi kimia (Zafira, 2010).

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan:

1. Jumlah optimum *loading* praseodimium yang ditambahkan kedalam kitosan sebagai adsorben untuk adsorpsi adalah sebesar 1,0 g/L, dimana efisiensi adsorpsi ion fluorida diperoleh sebesar 72% dengan konsentrasi awal ion fluorida 20 mg/L. Hasil ini membuktikan bahwa dengan adanya praseodimium dalam kitosan, mampu meningkatkan kinerja kitosan sebagai adsorben yang hanya mampu menyerap ion fluorida sebesar 12,5%.
2. Dari uji adsorpsi, didapatkan kondisi optimum waktu kontak antara adsorben dengan ion fluorida selama 60 menit dengan dosis adsorben sebesar 0,1 g.
3. Efisiensi adsorpsi ion fluorida pada konsentrasi awal ion fluorida sebesar 5 mg/L diperoleh sebesar 50,6% dan meningkat saat konsentrasi dinaikkan menjadi 10 mg/L diperoleh efisiensi penyerapan sebesar 51,6%. Maka dapat disimpulkan semakin meningkatnya konsentrasi ion fluorida dalam air menyebabkan terjadinya peningkatan efisiensi penyerapan ion fluorida oleh kitosan-Pr.
4. Dengan adanya ion Cl^- , NO_3^{2-} , CO_3^{2-} dan SO_4^{2-} dalam air yang mengandung ion fluorida, akan menyebabkan penurunan daya serap kitosan-Pr terhadap ion fluorida menjadi 68,65%, 64,75%, 33,5% dan 58,7% .
5. Model isoterm adsorpsi yang sesuai pada pengujian ini adalah isoterm Langmuir dan kinetika adsorpsi mengikuti pseudo orde kedua dimana konstanta laju adsorpsinya sebesar 0,01 g/mg.menit.

5.2 **Saran**

Pada penelitian selanjutnya, disarankan untuk melakukan variasi suhu pada saat proses adsorpsi berlangsung. Variasi tersebut dilakukan dengan tujuan untuk melihat bagaimana pengaruh perubahan suhu terhadap kinerja kitosan-praseodimium sebagai adsorben untuk menyerap ion fluorida. Variasi waktu pengadukan dan kecepatan pengadukan pada saat sintesis material kitosan-praseodimium juga perlu dilakukan agar diperoleh kondisi yang benar-benar optimum untuk proses sintesis kitosan-praseodimium ini.



DAFTAR PUSTAKA

- Alimuniar, A., & Zainuddin, R., (2004). An Economical technique for producing chitosan. *Elsevier Applied Science*, 627-63.
- Amini, M. K., Mueller, K. C., Abbaspour, T., Rosenberg, M., Afyuni, K., N. Møller, M., *et al.* (2008). Statistical modeling of global geogenic fluoride contamination in groundwaters. *Environ. Sci. Technol*, 42, 3662–3668.
- Bernkop, Schnürch A., Hornof, M., & Guggi, D. (2004). Thiolated chitosans. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 57(1), 9-17.
- Bulut, E., Özacar, M. & Sengil, I.A. (2008). Adsorption of malachite green onto bentonite: Equilibrium and kinetic studies and process design. *Microporous and Mesoporous Materials*, 115, 234 – 246.
- Coetzee PP, Coetzee LL, Puka R, Mubenga S (2003). Characterisation of selected South African clays for Defluoridation of natural waters. *Water SA*, 29(3), 331-339.
- Crini, G. (2005). Recent developments in polysaccharide-based materials used as adsorbents in wastewater treatment. *Progress in Polymer Science*, 30(1), 38-70.
- De la Puente, G., Pis, J. J., Menéndez, J. A., & Grange, P. (1997). Thermal stability of oxygenated functions in activated carbons. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 43(2), 125-138.
- Dultz, S., Riebe, B., & Bunnenberg, C. (2005). Temperature effects on iodine adsorption on organo-clay minerals: II. Structural effects. *Applied Clay Science*, 28(1-4), 17-30.
- Ergun, E., Tor, A., Cengelöglu, Y., & Kocak, I. (2008). Electrodialytic removal of fluoride from water: Effects of process parameters and accompanying anions. *Separation and Purification Technology*, 64(2), 147-153.
- Fan, X., Parker, D. J., & Smith, M. D. (2003). Adsorption kinetics of fluoride on low cost materials. *Water Research*, 37(20), 4929-4937.
- Ghorai, S., & Pant, K. K. (2005). Equilibrium, kinetics and breakthrough studies for adsorption of fluoride on activated alumina. *Separation and Purification Technology*, 42(3), 265-271.
- Ho, Y.S. & McKay, G. (2000). The kinetics of sorption of divalent metal ions onto sphagnum moss peat. *Water Research*, 34, 735 – 742.
- Harrison, P. T. C. (2005). Fluoride in water: A UK perspective. *Journal of Fluorine Chemistry*, 126(11-12), 1448-1456.

- Islam, M., & Patel, R. K. (2007). Evaluation of removal efficiency of fluoride from aqueous solution using quick lime. *Journal of Hazardous Materials*, 143(1-2), 303-310.
- Jackson, M. (2000). Magnetism of Rare Earth. *The IRM quarterly*, 10(3), 1.
- Jagtap, S., Thakre, D., Wanjari, S., Kamble, S., Labhsetwar, N., & Rayalu, S. (2009). New modified chitosan-based adsorbent for defluoridation of water. *Journal of Colloid and Interface Science*, 332(2), 280-290.
- Jagtap, S., Yenkie, M. K. N., Labhsetwar, N., & Rayalu, S. (2011). Defluoridation of drinking water using chitosan based mesoporous alumina. *Microporous and Mesoporous Materials*, 142(2-3), 454-463.
- Jagtap, S., Yenkie, M. K., Das, S., & Rayalu, S. (2011). Synthesis and characterization of lanthanum impregnated chitosan flakes for fluoride removal in water. *Desalination*, 273(2-3), 267-275.
- Jiang, Yu., Pang, H. & Liao, B. (2009). Removal of copper(II) ions from aqueous solution by modified bagasse. *Journal of Hazardous Materials*, 164, 1 – 9.
- Kaban, Jamaran. 2009. Modifikasi Kimia dari Kitosan dan Aplikasi Produk yang Dihasilkan. Universitas Sumatera Utara. Medan. http://www.usu.ac.id/id/files/pidato/ppgb/2009/ppgb_2009_Jamaran_Kaban.pdf. Diakses tgl. 16 April 2012 jam 14.35.
- Kamble, S. P., Jagtap, S., Labhsetwar, N. K., Thakare, D., Godfrey, S., Devotta, S., et al. (2007). Defluoridation of drinking water using chitin, chitosan and lanthanum-modified chitosan. *Chemical Engineering Journal*, 129(1-3), 173-180.
- Kau, P. M. H., Binning, P. J., Hitchcock, P. W., & Smith, D. W. (1998). Experimental analysis of fluoride diffusion and sorption in clays. *Journal of Contaminant Hydrology*, 36(1-2), 131-151.
- Lee, D. W., Lim, H., Chong, H. N., & Shim, W. S. (2009). Advances in Chitosan Material and its Hybrid Derivatives: A Review. *The Open Biomaterials Journal*, 1, 10-20.
- Li, J., Xing, W., Yang, D., & Lu, Y. (2001). Study of the Lanthanide Metal Ions Adsorption Capacity on Chitosan. *Journal of Liaoning Normal University(Natural Science Edition)*, 24, 54-56.
- Ma, W., Ya, F.-Q., Han, M., & Wang, R. (2007). Characteristics of equilibrium, kinetics studies for adsorption of fluoride on magnetic-chitosan particle. *Journal of Hazardous Materials*, 143(1-2), 296-302.

- Maliyekkal, S. M., Shukla, S., Philip, L., & Nambi, I. M. (2008). Enhanced fluoride removal from drinking water by magnesia-amended activated alumina granules. *Chemical Engineering Journal*, 140(1-3), 183-192.
- Marganof. (2002). Potensi Limbah Udang sebagai Penyerap Logam Berat (Timbal, Kadmium, dan Tembaga) di Perairan.
- McCabe, Smith, J., Peter, H., 1989. Operasi Teknik Kimia. Jilid 2. Erlangga. Jakarta.
- Meenakshi, & Maheshwari, R. C. (2006). Fluoride in drinking water and its removal. *Journal of Hazardous Materials*, 137(1), 456-463.
- Mohapatra, M., Anand, S., Mishra, B. K., Giles, D. E., & Singh, P. (2009). Review of fluoride removal from drinking water. *Journal of Environmental Management*, 91(1), 67-77.
- Muhdarina, Mohammad, A. W., & Muchtar, A. (2010). Prospektif Lempung Alam Cengar sebagai Adsorben Polutan Anorganik di dalam Air Kajian Kinetika Adsorpsi Kation Co(II). *Reaktor*, 13(2), 81-88.
- Praptowidodo, V.S. (1998). *Pengembangan Polimer Alam Chitin Untuk Proses Pemisahan Dengan Membran*. Pengembangan Proses dan Perancangan Sistem Teknik Kimia. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Rahmi., & Julinawati. (2009). Application of Modified Chitosan for Adsorben Ionic Cu^{2+} Metal in Diesel Oli. *Jurnal Natural*, 9(2), 32-38.
- Sangam. (2003). Combating fluorosis with household filters, Newsletters of UN inter agency-working group on water and environment sanitation in India. UNICEF, 1-2.
- Sawyer, C. N., McCarty, P. L., & Parkin, G. F. 2003. Chemistry for Environmental and Engineering and Science. New York: McGraw-Hill.
- Skoog, D. A., Holler, F. J., Nieman, T. A. (1998). *Principle of Instrument Analysis*. Philadelphia: Brooks Cole.
- Sugita, Purwantiningsih *et al.* (2009). Kitosan Sumber Biomaterial Masa Depan. Bogor : IPB Press.
- Sun, Y., Fang, Q., Dong, J., Cheng, X., & Xu, J. (2011). Removal of fluoride from drinking water by natural stilbite zeolite modified with Fe(III). *Desalination*, 277(1-3), 121-127.
- Swain, S. K., Dey, R. K., Islam, M., Patel, R. K., Jha, U., Patnaik, T., et al. (2009). Removal of Fluoride from Aqueous Solution Using Aluminum-

Impregnated Chitosan Biopolymer. *Separation Science and Technology*, 44(9), 2096-2116.

Thakre, D., Jagtap, S., Sakhare, N., Labhsetwar, N., Meshram, S., & Rayalu, S. (2010). Chitosan based mesoporous Ti–Al binary metal oxide supported beads for defluoridation of water. *Chemical Engineering Journal*, 158(2), 315-324.

Viswanathan, N., & Meenakshi, S. (2008). Enhanced fluoride sorption using La(III) incorporated carboxylated chitosan beads. *Journal of Colloid and Interface Science*, 322(2), 375-383.

Williams, J. A., Billington, R. W., & Pearson, G. J. (2002). The glass ionomer cement: the sources of soluble fluoride. *Biomaterials*, 23(10), 2191-2200.

World Health Organization (WHO). (2006). Guidelines for Drinking-Water Quality [Electronic Resource]: Incorporating First Addendum, in: W.H.O. (Ed. 3), . *World Health Organization, Geneva*, 1, 375–377.

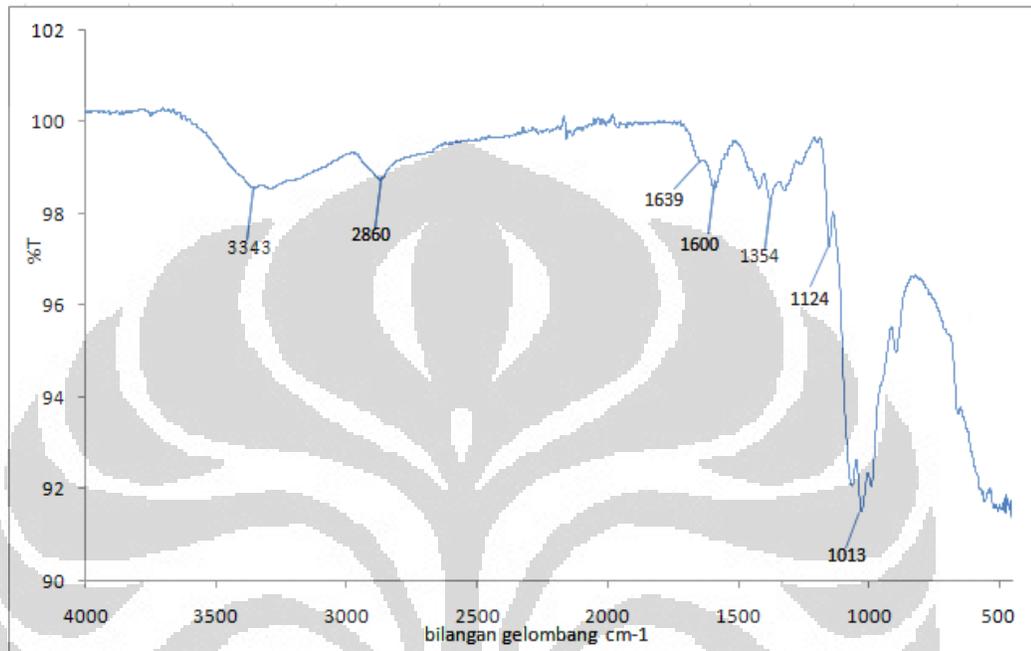
Yao, R., Meng, F., Zhang, L., Ma, D., & Wang, M. (2009). Defluoridation of water using neodymium-modified chitosan. *Journal of Hazardous Materials*, 165(1–3), 454-460.

Zafira. (2010). *Studi Kemampuan Lumpur Alum untuk Menurunkan Konsentrasi Fluorida dalam Air Limbah Industri Pupuk*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

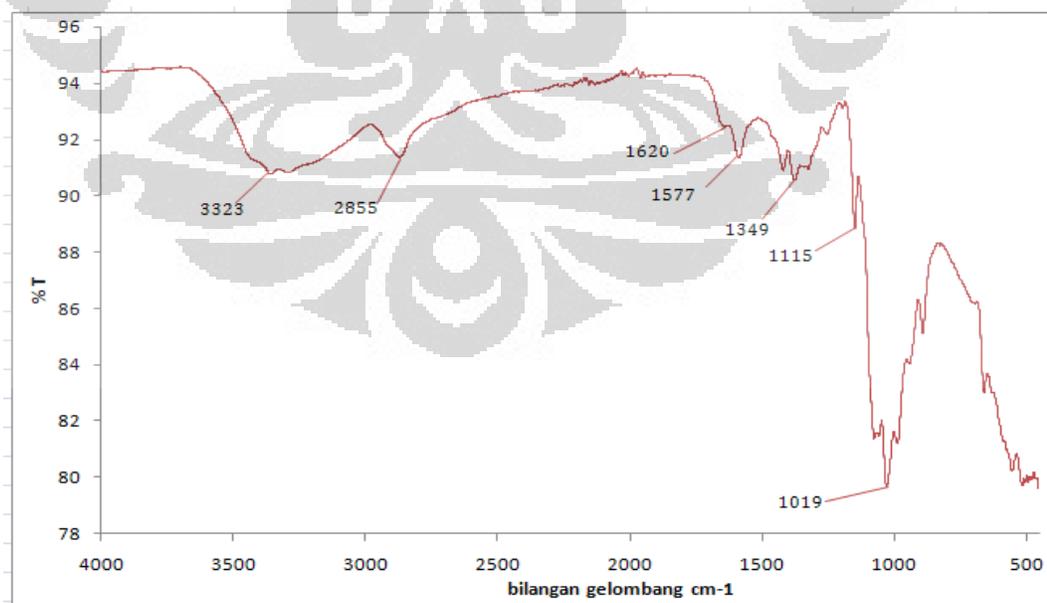
Zhou, Y., Yu, C., & Shan, Y. (2004). Adsorption of fluoride from aqueous solution on La³⁺ impregnated cross-linked gelatin. *Separation and Purification Technology*, 36(2), 89-94.

Lampiran 1.
Hasil Karakterisasi FTIR

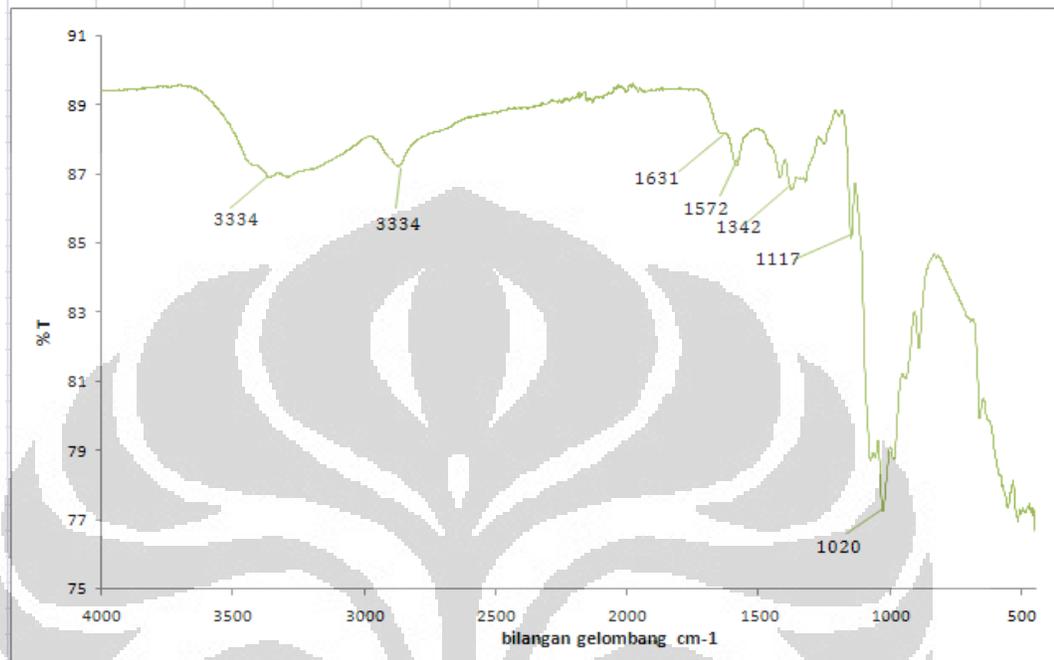
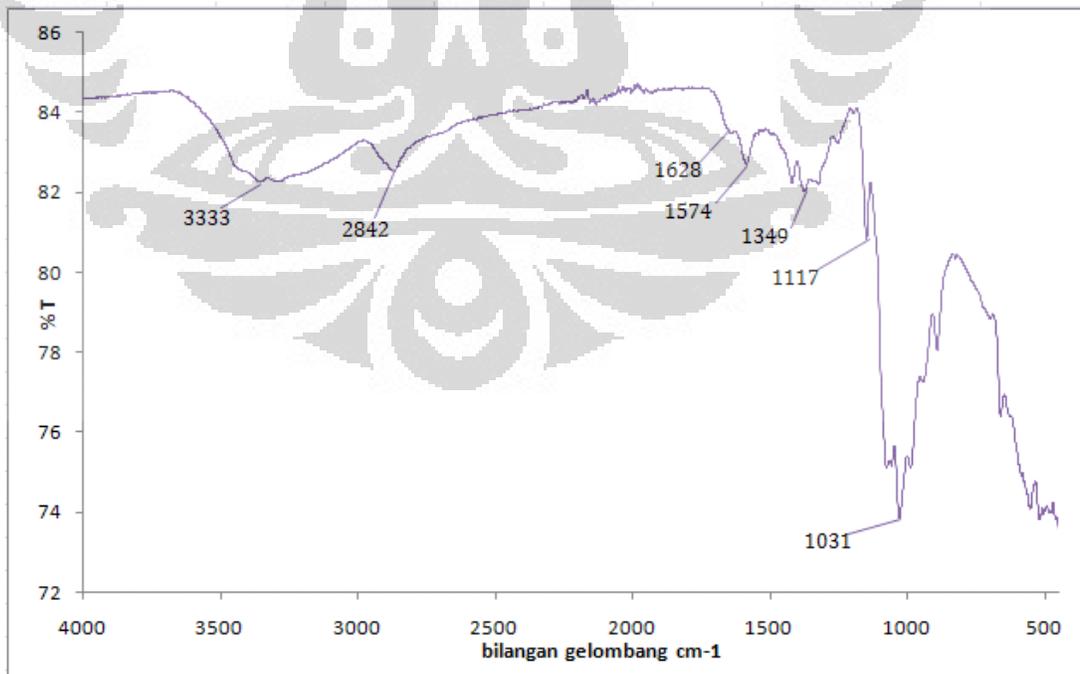
Kitosan



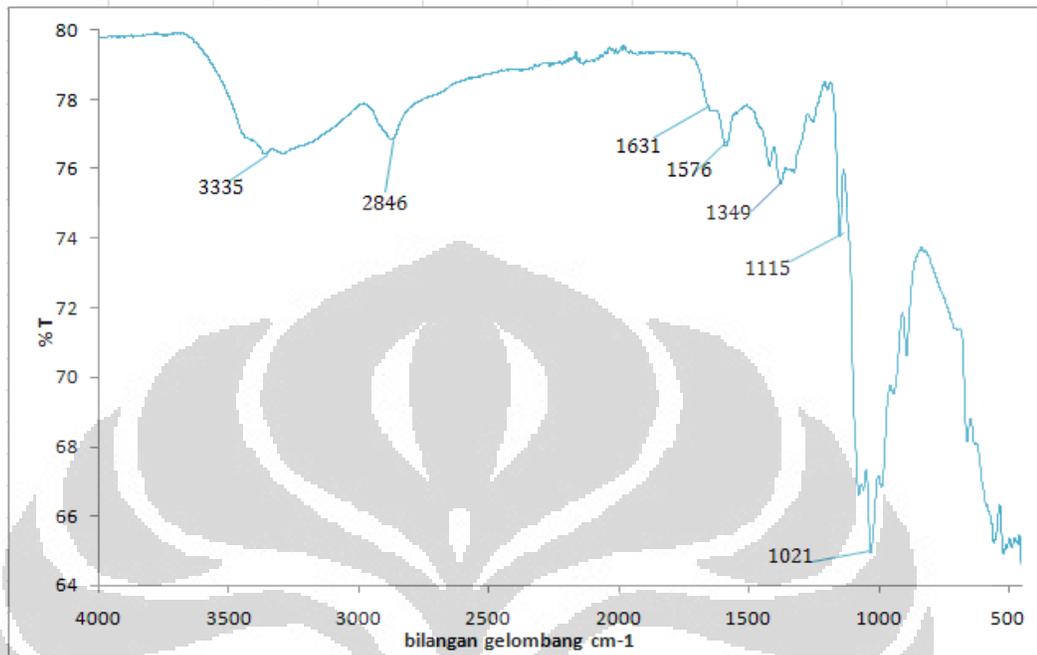
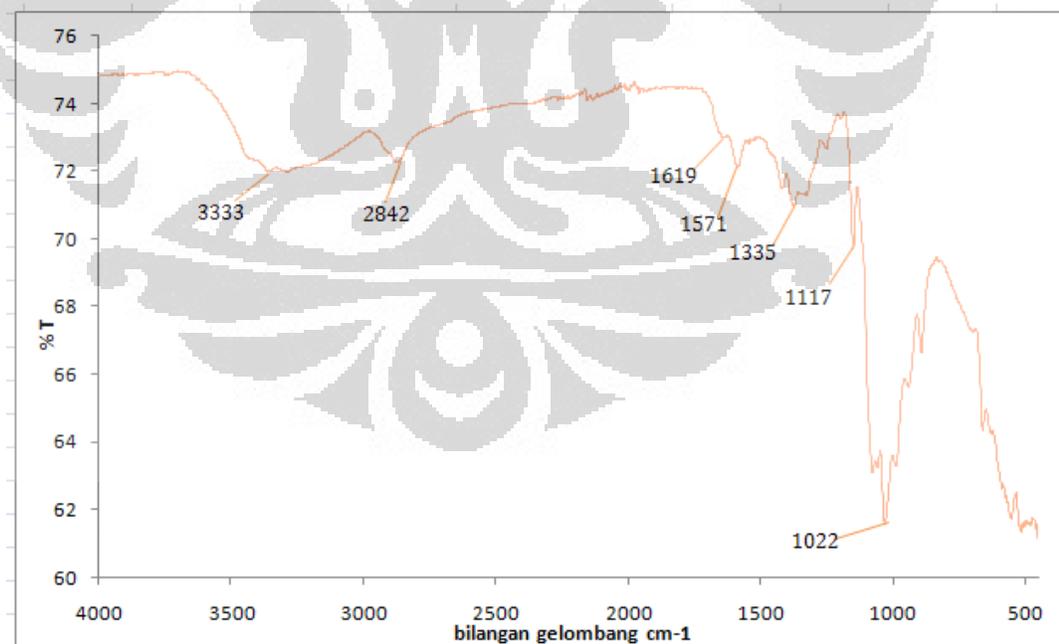
Kitosan-Pr 0,3 g/L



(lanjutan)

Kitosan-Pr 0,6 g/LKitosan-Pr 1,0 g/L

(lanjutan)

Kitosan-Pr 1,3 g/LKitosan-Pr 1,5 g/L

Lampiran 2.

Data Perhitungan Penentuan *Loading* ion Pr^{3+} dalam Kitosan

Massa adsorben = 0,1 g

Volume larutan ion fluorida = 50 mL

adsorben	Konsentrasi awal ion fluorida, C_0 (mg/L)	Konsentrasi akhir ion fluorida C_e , (mg/L)	Efisiensi Adsorpsi ion fluorida, η (%)	Kapasitas adsorpsi, q (mg/g)
kitosan	20	17,50	12,50	1,25
kitosan-0,3 g/L Pr	20	12,90	35,50	3,55
kitosan- 0,6 g/L Pr	20	8,80	56,00	5,60
kitosan- 1,0 g/L Pr	20	5,60	72,00	7,20
kitosan-1,3 g/LPr	20	6,30	68,50	6,85
kitosan- 1,6 g/LPr	20	7,50	62,50	6,25

Lampiran 3.

Data Perhitungan Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Adsorpsi Ion Fluorida

Massa adsorben = 0,1 g

Volume larutan ion fluorida = 50 mL

Waktu kontak, t (menit)	Konsentrasi awal ion fluorida, C_0 (mg/L)	Konsentrasi akhir ion fluorida C_e , (mg/L)	Efisiensi Adsorpsi ion fluorida, η (%)	Kapasitas adsorpsi, q (mg/g)
5	20	15,00	25,00	2,50
10	20	12,00	40,00	4,00
20	20	9,78	51,10	5,11
30	20	7,80	61,00	6,10
40	20	7,10	64,50	6,45
50	20	6,70	66,50	6,65
60	20	5,80	71,00	7,10
70	20	5,75	71,25	7,13
80	20	5,70	71,50	7,15
90	20	5,60	72,00	7,20
100	20	5,60	72,00	7,20

Lampiran 4.
Data Perhitungan Pengaruh Dosis Adsorben Terhadap Adsorpsi
Ion Fluorida

Volume larutan ion fluorida = 50 mL

Dosis Adsorben (g)	Konsentrasi awal ion fluorida, C_0 (mg/L)	Volume larutan, V (L)	Konsentrasi akhir ion fluorida C_e , (mg/L)	Efisiensi Adsorpsi ion fluorida, η (%)	Kapasitas adsorpsi, q (mg/g)
0,02	20	7	15,60	22,00	11,00
0,04	20	7	11,90	40,50	10,13
0,06	20	7	8,70	56,50	9,42
0,08	20	7	6,80	66,00	8,25
0,1	20	7	5,60	72,00	7,20

Lampiran 5.
Data Perhitungan Pengaruh Konsentrasi Awal Ion Fluorida Terhadap
Adsorpsi Ion Fluorida

Massa adsorben = 0,1 g

Volume larutan ion fluorida = 50 mL

Konsentrasi awal ion fluorida, C_0 (mg/L)	Konsentrasi akhir ion fluorida C_e , (mg/L)	Efisiensi Adsorpsi ion fluorida, η (%)	Kapasitas adsorpsi, q (mg/g)
5	2,47	50,60	1,27
10	4,84	51,60	2,58
15	6,24	58,40	4,38
20	5,60	72,00	7,20
30	6,07	79,77	11,97

Lampiran 6.

Data Perhitungan Pengaruh Anion Kompetitor Terhadap Adsorpsi Ion Fluorida

Massa adsorben = 0,1 g

Jenis anion	Konsentrasi anion (mg/L)	Konsentrasi awal ion fluorida, C_0 (mg/L)	pH	Konsentrasi akhir ion fluorida C_e , (mg/L)	Efisiensi Adsorpsi ion fluorida η (%)	Kapasitas adsorpsi, q (mg/g)
blanko	-	20	7	5,61	71,95	7,20
Cl ⁻	200	20	7,93	6,27	68,65	6,87
NO ₃ ⁻	200	20	6,85	7,05	64,75	6,48
CO ₃ ²⁻	200	20	10,06	13,30	33,50	3,35
SO ₄ ²⁻	200	20	6,89	8,26	58,70	5,87

Lampiran 7.

Perhitungan Penentuan Isoterm Adsorpsi

Penentuan Isoterm adsorpsi Freundlich

Penentuan isoterm Freundlich diberikan dengan persamaan linier berikut ini:

$$\log q = \log k_F + \frac{1}{n} \log C_e \quad (3.3)$$

Keterangan :

k_F = faktor kapasitas Freundlich

$1/n$ = parameter intensitas Freundlich

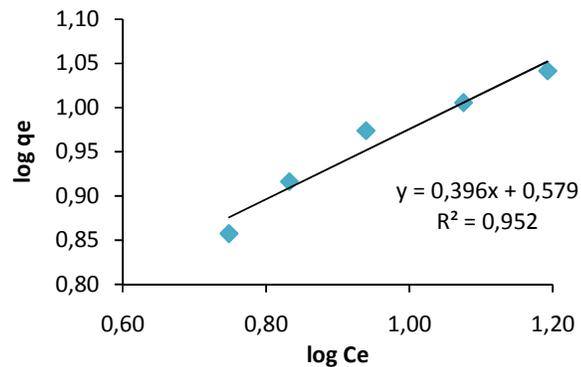
Perhitungan isoterm dilakukan pada kondisi optimum dimana konsentrasi loading Pr dalam kitosan adalah sebesar 1 g/L dan waktu kontak yang digunakan 60 menit.

(lanjutan)

Tabel Penentuan Isoterm Freundlich

Massa adsorben, W (g)	Konsentrasi akhir ion fluorida C_e (mg/L)	Efisiensi Adsorpsi ion fluorida, η (%)	Kapasitas adsorpsi, q (mg/g)	$\log q$	$\log C_e$
0,02	15,60	22,00	11,00	1,04	1,19
0,04	11,90	40,50	10,13	1,01	1,08
0,06	8,70	56,50	9,42	0,97	0,94
0,08	6,80	66,00	8,25	0,92	0,83
0,1	5,60	72,00	7,20	0,86	0,75

Dari perhitungan diatas, dibuat plot linear $\log q$ vs $\log C_e$. Grafik penentuan isoterm Freundlich ditunjukkan oleh Gambar dibawah ini.



Gambar Kurva Penentuan Isoterm Adsorpsi Freundlich

Dari grafik penentuan isotherm Freundlich, diperoleh persamaa :

$$y = 0,396x + 0,579$$

$$R^2 = 0,952$$

Nilai $1/n$ dan k_F untuk sorben dihitung dari garis miring dan intersep dari plot linear $\log q$ vs $\log C_e$, sehingga didapat :

$$1/n = 0,396$$

$$n = 2,525$$

$$\log k_F = 0,579$$

$$k_F = 3,79$$

(lanjutan)

Penentuan Isoterm adsorpsi Langmuir

Model Langmuir yang berlaku untuk monolayer adsorpsi ke permukaan, adalah :

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{q_{\max} k_L} \times \frac{1}{C_e} + \frac{1}{q_{\max}} \quad (3.4)$$

Keterangan :

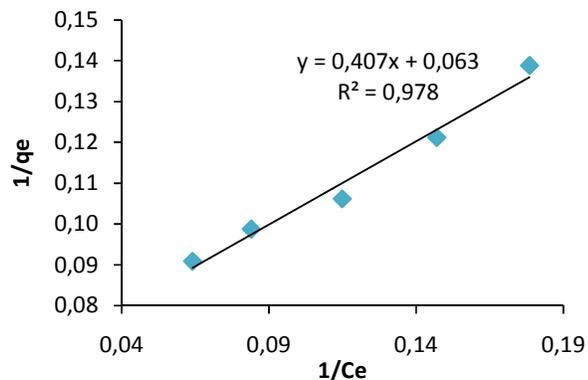
q_{\max} = kapasitas maksimum ion fluorida teradsorpsi per satuan berat sorben untuk pembentukan monolayer di daerah permukaan adsorben.

k_L = konstanta yang berhubungan dengan afinitas daerah yang diikat oleh sorben (Konstanta isoterm Langmuir).

Tabel Penentuan Isoterm Langmuir

Massa adsorben, W (g)	Konsentrasi akhir ion fluorida C_e , (mg/L)	Efisiensi Adsorpsi ion fluorida, η (%)	Kapasitas adsorpsi, q (mg/g)	$1/q$	$1/C_e$
0,02	15,60	22,00	11,00	0,09	0,06
0,04	11,90	40,50	10,13	0,10	0,08
0,06	8,70	56,50	9,42	0,11	0,11
0,08	6,80	66,00	8,25	0,12	0,15
0,1	5,60	72,00	7,20	0,14	0,18

Dari perhitungan diatas, dibuat plot linear $1/q$ vs $1/C_e$. Grafik penentuan isoterm Langmuir ditunjukkan oleh Gambar dibawah ini.



Gambar Kurva Penentuan Isoterm Adsorpsi Langmuir

(lanjutan)

Dari grafik penentuan isoterm Langmuir diperoleh persamaan :

$$y = 0,407x + 0,063$$

$$R^2 = 0,978$$

Nilai-nilai parameter Langmuir q_{\max} dan K dihitung dari garis miring dan intersep dari plot linear $1/q$ vs $1/C_e$, sehingga diperoleh:

$$1/q_{\max} = 0,063$$

$$q_{\max} = 15,87 \text{ mg/g}$$

$$1/q_{\max} k_L = 0,407$$

$$1/15,87 k_L = 0,407$$

$$k_L = 0,15$$

Untuk memprediksi efisiensi proses adsorpsi, dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$r = \frac{1}{1 + K C_0} \quad (3.5)$$

Keterangan :

r = Dimensi kuantitas adsorpsi

sehingga diperoleh harga R :

$$r = 1 / (1 + k_L C_0)$$

$$r = 1 / (1 + 0,15 \times 20 \text{ mg/L})$$

$$r = 0,24$$

Lampiran 8.

Perhitungan Penentuan Model Kinetika Adsorpsi

Model Pseudo orde pertama :

$$\frac{dq_t}{t} = k_1(q_1 - q_t) \rightarrow \log(q_1 - q_t) = \log q_1 - \frac{k_1 t}{2.303} \quad (3.6)$$

q_t = penyerapan ion fluorida pada waktu t (mg/g)

q_1 = kapasitas adsorpsi maksimum untuk pseudo-orde pertama (mg/g)

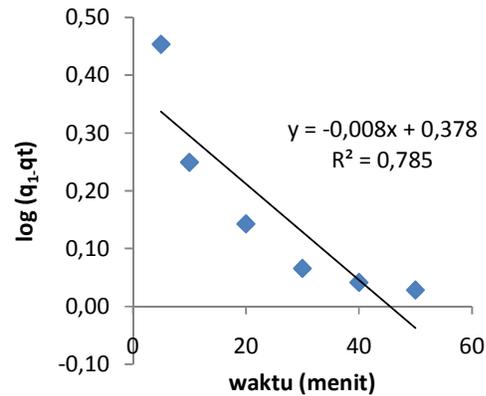
k_1 = konstanta untuk fluorida ion dalam proses sorpsi untuk pseud orde pertama (min^{-1})

Tabel Penentuan Pseudo Orde Pertama

Waktu kontak, t (menit)	Konsentrasi awal ion fluorida, C_0 (mg/L)	Konsentrasi akhir ion fluorida C_e , (mg/L)	Efisiensi Adsorpsi ion fluorida, η (%)	Kapasitas adsorpsi pada waktu t, q_t (mg/g)	$\log q_t$	$\log q_1 - q_t$
5	20	15	25	2,50	0,40	0,45
10	20	12	40	4,00	0,60	0,25
20	20	9,78	51,1	5,11	0,71	0,14
30	20	7,8	61	6,10	0,79	0,07
40	20	7,1	64,5	6,45	0,81	0,04
50	20	6,7	66,5	6,65	0,82	0,03
60	20	6	71	7,10	0,85	-
70	20	5,8	71,25	7,13	0,85	-
80	20	5,7	71,5	7,15	0,85	-
90	20	5,6	72	7,2	0,86	-
100	20	5,6	72	7,2	0,86	-

Dari perhitungan diatas, dibuat plot linear t vs log ($q_1 - q_t$). Grafik penentuan kinetika reaksi pseudo orde pertama ditunjukkan oleh Gambar berikut ini.

(lanjutan)



Gambar Kurva Penentuan kinetika adsorpsi Pseudo orde pertama

Dari grafik penentuan kinetika reaksi pseudo orde pertama diperoleh persamaan :

$$y = -0,008x + 0,378$$

$$R^2 = 0,785$$

Dari persamaan linier diatas dapat ditentukan kapasitas adsorpsi maksimum untuk pseudo-orde pertama (q_1) dan konstanta untuk fluorida ion dalam proses sorpsi untuk pseude orde pertama (k_1), sehingga diperoleh :

$$\log q_1 = 0,378$$

$$q_1 = 2,39 \text{ mg/g}$$

$$k_1 / 2,303 = 0,008$$

$$k_1 = 0,02 \text{ min}^{-1}$$

Model Pseudo orde kedua :

$$\frac{dq_t}{t} = k_2(q_2 - q_t)^2 \rightarrow \frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_2^2} + \frac{t}{q_2} \quad (3.7)$$

Keterangan :

q_2 =kapasitas adsorpsi maksimum untuk pseudo orde kedua (mg/g)

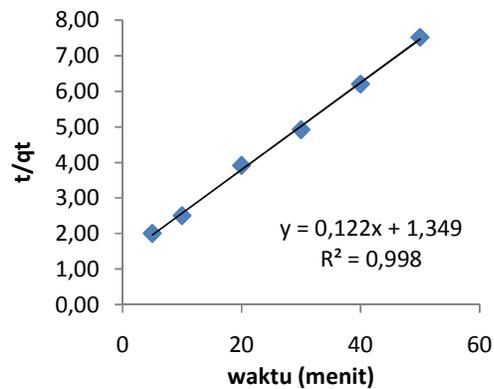
k_2 =konstanta untuk fluorida ion dalam proses sorpsi untuk pseude orde kedua (g/mg.menit)

(lanjutan)

Tabel Penentuan Pseudo Orde Kedua

Waktu kontak, t (menit)	Konsentrasi awal ion fluorida, C_0 (mg/L)	Konsentrasi akhir ion fluorida C_e , (mg/L)	Efisiensi Adsorpsi ion fluorida, η (%)	Kapasitas adsorpsi pada waktu t, q_t (mg/g)	t/q_t
5	20	15	25	2,50	2,00
10	20	12	40	4,00	2,50
20	20	9,78	51,1	5,11	3,91
30	20	7,8	61	6,10	4,92
40	20	7,1	64,5	6,45	6,20
50	20	6,7	66,5	6,65	7,52
60	20	6	71	7,10	-
70	20	5,8	71,25	7,13	-
80	20	5,7	71,5	7,15	-
90	20	5,6	72	7,2	-
100	20	5,6	72	7,2	-

Dari perhitungan diatas, dibuat plot linear t vs t/q_t . Grafik penentuan kinetika reaksi pseudo orde kedua ditunjukkan oleh Gambar dibawah ini.



Gambar Kurva Penentuan kinetika adsorpsi Pseudo orde kedua

Dari grafik penentuan kinetika reaksi pseudo orde kedua diperoleh persamaan :

$$y = 0,122x + 1,349$$

$$R^2 = 0,998$$

Dari persamaan linier diatas dapat ditentukan kapasitas adsorpsi maksimum untuk pseudo orde kedua (q_2) dan konstanta untuk fluorida ion dalam proses sorpsi untuk pseudo orde kedua (k_2), sehingga diperoleh :

(lanjutan)

$$t/q_2 = 0,122$$

$$q_2 = 8,20 \text{ mg/g}$$

$$1/k_2 q_2^2 = 1,349$$

$$1/67,19 k_2 = 1,349$$

$$k_2 = 0,01 \text{ g/mg.min}$$