

**PENGARUH SULFIDA PADA BATU APUNG YANG TERLAPISI
KITOSAN SEBAGAI ADSORBEN LOGAM BESI (Fe) TERLARUT**

SKRIPSI

Diajukan Oleh :

**QISMULLAH
NIM. 150704014**

**Mahasiswa Program Studi Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2020 M/1442 H**

Lembaran Persetujuan

**PENGARUH SULFIDA PADA BATU APUNG YANG TERLAPISI
KITOSAN SEBAGAI ADSORBEN LOGAM BESI (Fe) TERLARUT**

SKRIPSI

Diajukan Kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Bahan Studi Untuk Memperoleh Gelar Sajana (S-1) Dalam Ilmu Kimia

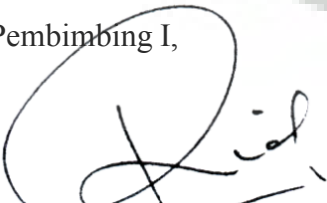
Oleh

**QISMULLAH
NIM. 150704014**

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Kimia

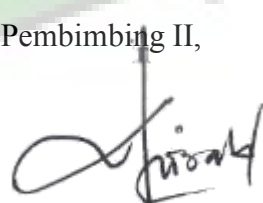
Disetujui Oleh:

Pembimbing I,



Muhammad Ridwan Harahap, M.Si
NIDN. 2027118603

Pembimbing II,



Khairun Nisah, S. T., M.Si
NIDN. 2016027902

Lembar pengesahan

**PENGARUH SULFIDA PADA BATU APUNG YANG TERLAPISI
KITOSAN SEBAGAI ADSORBEN LOGAM BESI (Fe) TERLARUT**

SKRIPSI

Telah diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry dan dinyatakan Lulus
Serta diterima sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
Dalam Ilmu Kimia

Pada Hari/Tanggal : Senin 25 Agustus 2020
6 Muharam 1442 H

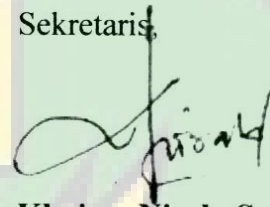
Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi,

Ketua,



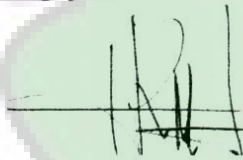
Muhammad Ridwan Harahap, M.Si
NIDN. 2027118603

Sekretaris,



Khairun Nisah, S. T., M.Si
NIDN. 2016027902

Penguji I,



Reni Silvia Nasution, M.Si
NIDN. 2022028901

Penguji II,



Febrina Arfi, M.Si
NIDN. 2021028601

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh



Dr. H. Azhar Amsal, M. Pd
NIDN. 2001066802

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH/SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Qismullah

NIM : 150704014

Program Studi : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi : Pengaruh Sulfida Pada Batu Apung yang Terlapisi Kitosan Sebagai Adsorben Logam Besi (Fe) Terlarut.

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya :

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggukan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu mempertanggungjawab atas karya ini.

Bila ditemukan ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah mel alui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya dikenai sanksi bedasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 19 Agustus 2020
Yang Menyatakan,


Qismullah

ABSTRAK

Nama : Qismullah
NIM : 150704014
Program Studi : Kimia
Judul : Pengaruh Sulfida Pada Batu Apung yang Terlapisi Kitosan Sebagai Adsorben Logam Besi (Fe) Terlarut.
Tanggal Sidang : 19 Februari 2020
Tebal Skripsi : 39 Hal
Pembimbing I : Muhammad Ridwan Harahap, M.Si
Pembimbing II : Khairun Nisah S.T., M.Si
Kata Kunci : Batu apung, kitosan, adsorpsi, natrium sulfide

Penelitian tentang pengaruh sulfida pada batu apung yang terlapisi kitosan sebagai adsorben logam besi (Fe) terlarut telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh daya serap sulfida sebagai adsorben menggunakan metode adsorpsi. Metode yang dilakukan yaitu kombinasi penyalutan batu apung terlapisi kitosan dengan variasi konsentrasi natrium sulfida. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh daya serap sulfida pada batu apung yang dilapisi kitosan memiliki kemampuan untuk menyerap logam Fe terlarut, namun penyerapan optimum ditunjukkan pada konsentrasi natrium sulfida 5 M dengan persentase efisiensi adsorpsi sebesar 97% dan kapasitas adsorpsi sebesar 0,1320 mg/g.



ABSTRACT

Name : Qismullah
NIM : 150704014
Major : Chemistry
Title : The effect of sulfide on pumice which coated by chitosan
as an adsorbent of dissolved iron (Fe)
Date of Examination : 19 February 2020
Page : 39 Pages
Supervisor I : Muhammad Ridwan Harahap, M.Si
Supervisor II : Khairun Nisah S.T., M.Si
Keywords : Pumice, chitosan, adsorption, sulfide

Research on the effect of sulfides on pumice coated with chitosan as an adsorbent of dissolved (Fe) ions has been carried out. This study aims to determine the effect of sulfide absorption as an adsorbent using the adsorption method. The method used was a combination of coating pumice coated with chitosan with variations in the concentration of sodium sulfide. The results showed that the effect of sulfide absorption on pumice coated with chitosan could absorb dissolved Fe metal at a concentration of 5 M sodium sulfide with an adsorption efficiency percentage of 97% and an adsorption capacity of 0.1320 mg/g.

KATA PENGANTAR



Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan hidayah dan kekuatan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi. Selanjutnya shalawat beriring salam kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabat sekalian yang telah membimbing umat manusia dari zaman jahiliyah ke zaman yang islamiyah yang bisa kita rasakan sampai saat ini. Dalam kesempatan ini penulis akan mengambil judul proposal skripsi **“PENGARUH SULFIDA PADA BATU APUNG YANG TERLAPISI KITOSAN SEBAGAI ADSORBAN LOGAM BESI (Fe) TERLARUT”** yang ditulis dalam rangka melengkapi tugas-tugas dan memenuhi syarat sebagai penulisan skripsi untuk menyelesaikan pendidikan pada Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Selama menyelesaikan skripsi, penulis banyak mendapatkan pengetahuan dan wawasan baru yang sangat berharga. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih setulus-tulusnya kepada keluarga yang telah memberikan doa dan dukungan kepada penulis selama ini. Penulis juga tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua yaitu Bapak Abu Bakar dan Ibu Rawatal Afna yang telah memberikan dukungan baik secara moral maupun materil sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi ini.
2. Ibu Khairun Nisah, S.T., M.Si. Selaku Ketua Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
3. Bapak Muhammad Ridwan Harahap M.Si. Selaku Dosen Pembimbing I di Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
4. Ibu Khairun Nisah, S.T., M.Si. Selaku Dosen Pembimbing II di Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.

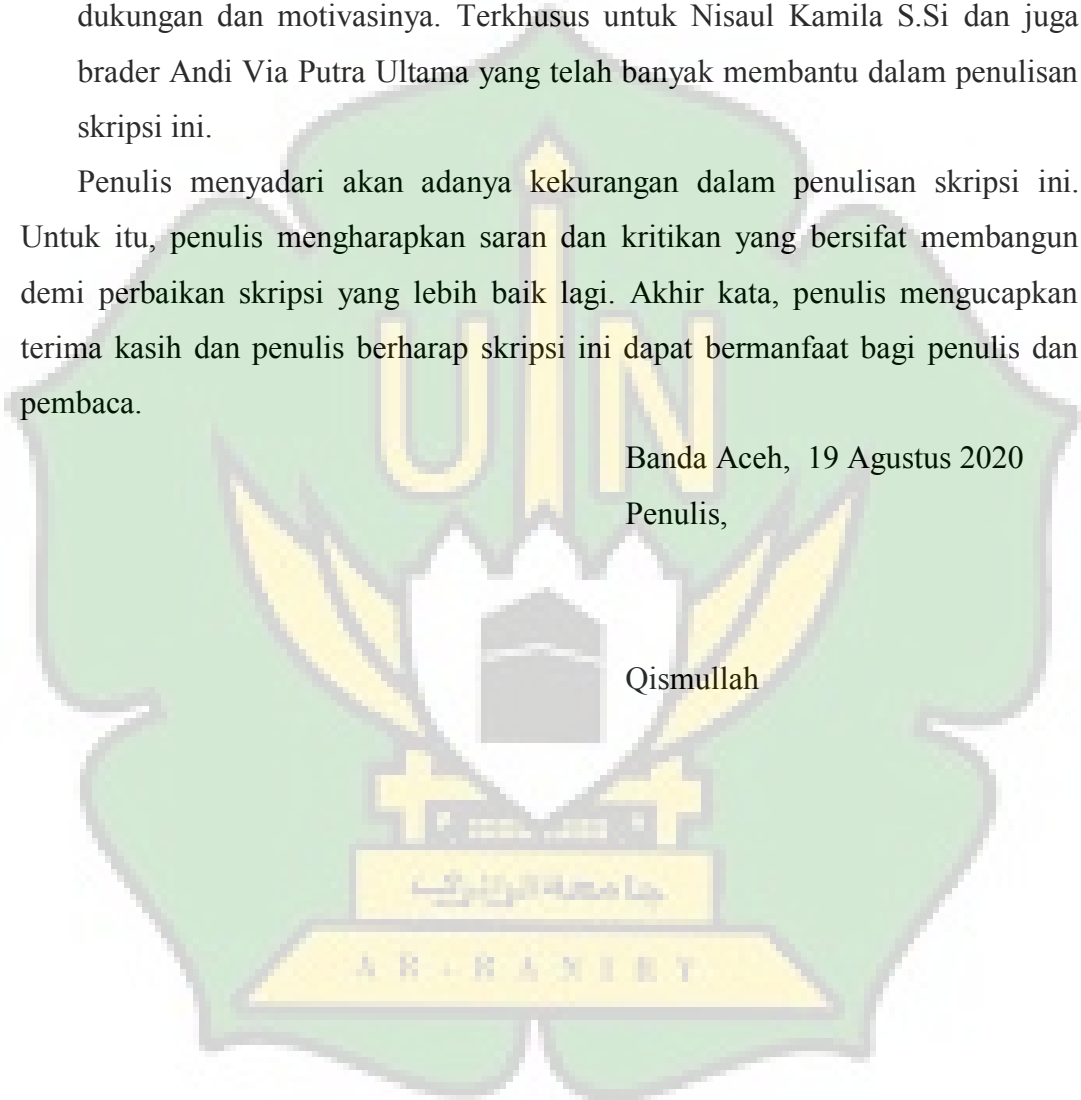
5. Ibu Bhayu Gita Bhernama, M.Si. Selaku Dosen Wali di Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan teknologi
6. Bapak/Ibu dosen di Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry yang turut serta membantu dan mendukung penulisan proposal skripsi.
7. Teman dan kerabat seperjuangan angkatan 2015 terima kasih atas dukungan dan motivasinya. Terkhusus untuk Nisaul Kamila S.Si dan juga brader Andi Via Putra Utama yang telah banyak membantu dalam penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari akan adanya kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Untuk itu, penulis mengharapkan saran dan kritikan yang bersifat membangun demi perbaikan skripsi yang lebih baik lagi. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih dan penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Banda Aceh, 19 Agustus 2020

Penulis,

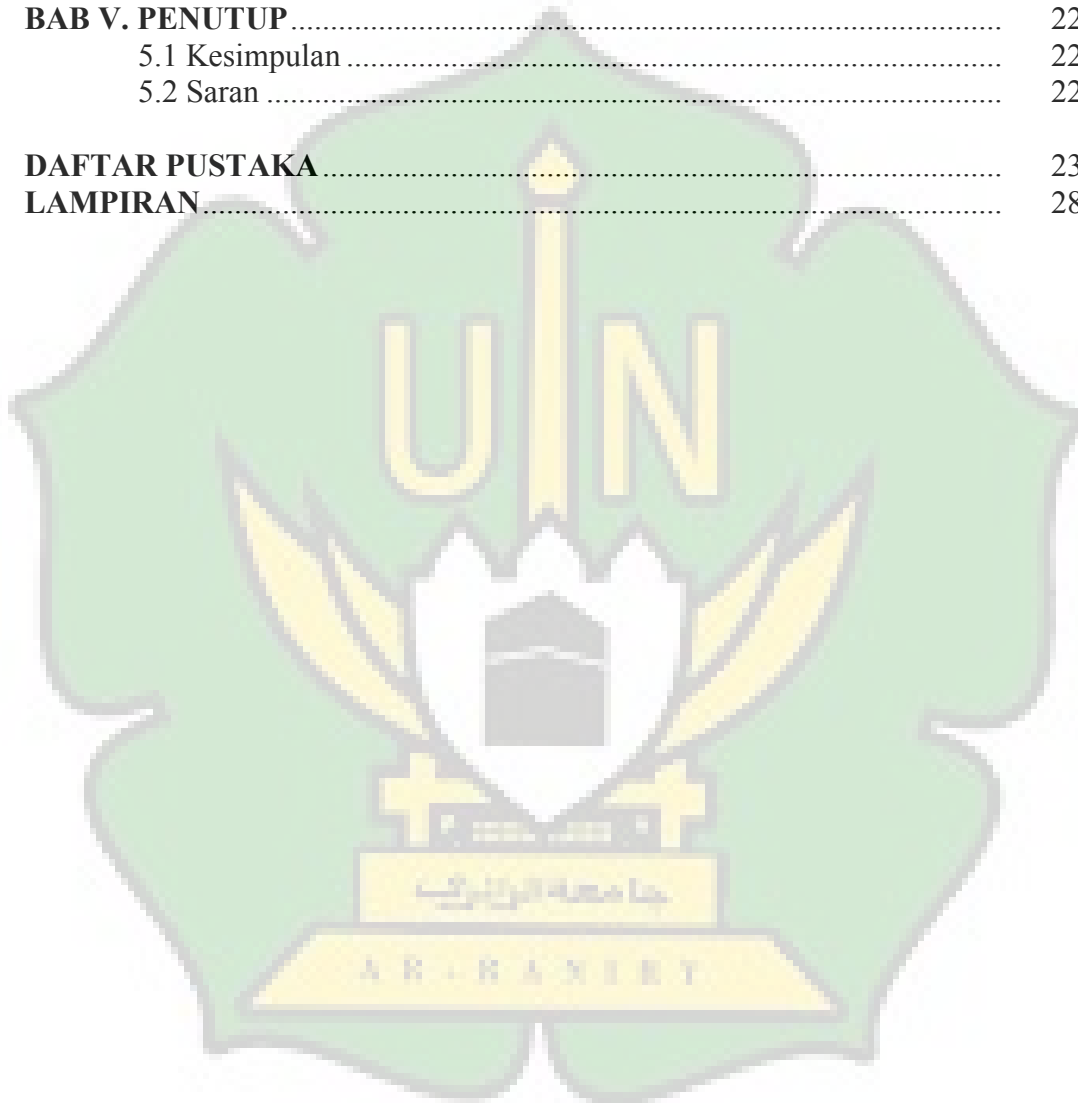
Qismullah



DAFTAR ISI

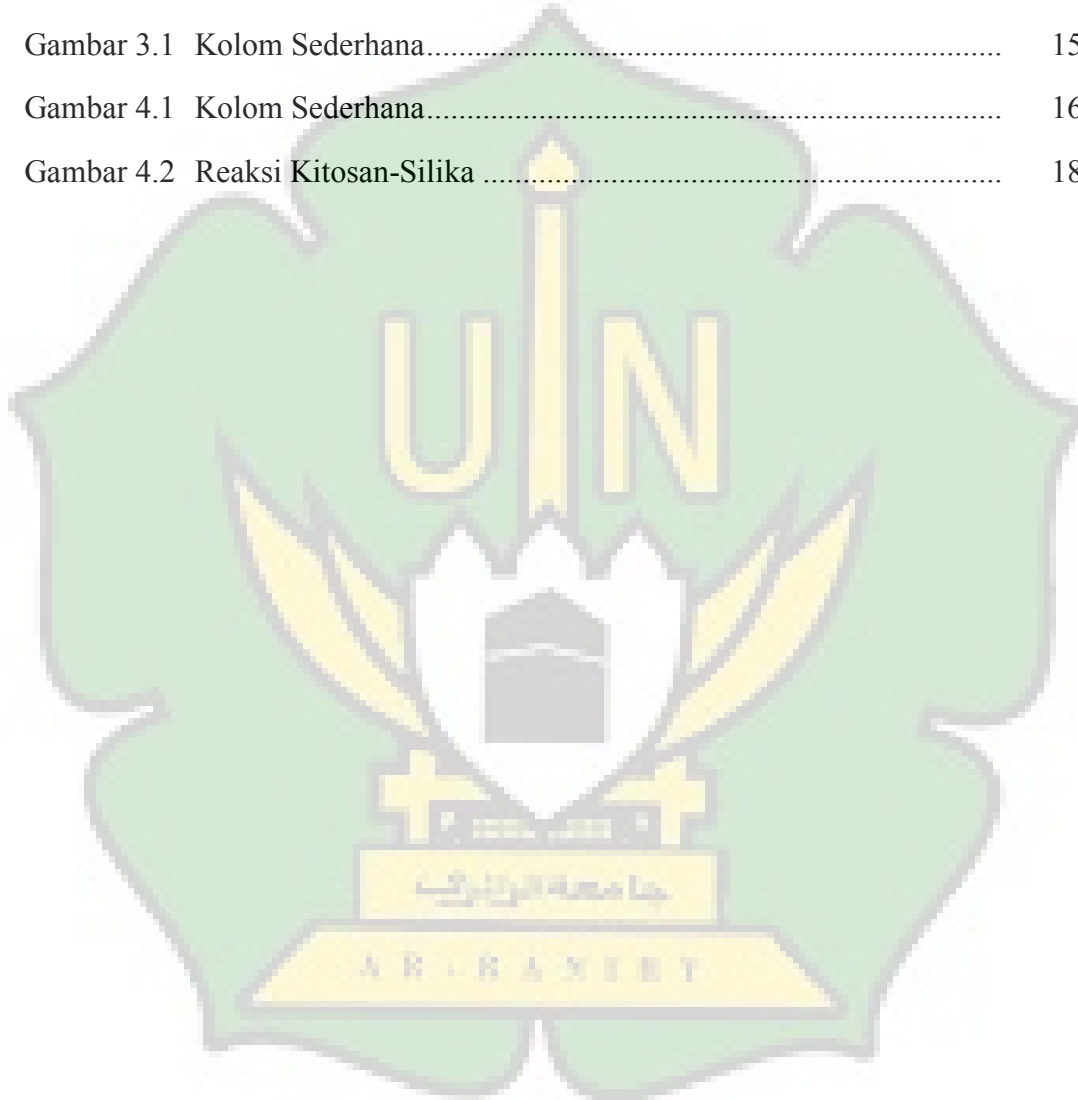
LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II. LANDASAN TEORITIS	5
2.1 Adsorpsi	5
2.2 Kitosan	7
2.3 Batu apung	8
2.4 Modifikasi Partikel Aktif pada Zat Penyangga atau media	9
2.5 Besi	10
2.6 Metode Dinamis (Kolom Sederhana)	11
2.7 Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)	12
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	14
3.2 Alat dan Bahan	14
3.2.1 Bahan Penelitian	14
3.2.2 Alat-alat Penelitian	14
3.3 Prosedur Penelitian	14
3.3.1 Penyiapan Adsorben Batu Apung	14
3.3.2 Pembuatan Larutan kitosan	15
3.3.3 Penentuan Berat Kitosan pada Permukaan batu apung	15
3.3.4 Modifikasi Kitosan dan Sulfida pada batu apung	15
3.3.5 Penyerapan Maksimum Logam Besi (Fe) pada kolom dengan Variasi Adsorben	15
3.4 Analisis Data	16
3.4.1 Penentuan Efisiensi dan Kapasitas Adsorpsi	16
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Hasil Penelitian	17
4.1.1 Penentuan Berat Kitosan pada Permukaan Batu apung	17
4.1.2 Penyerapan Optimum Logam Besi (Fe) pada kolom dengan	

Variasi Adsorben	17
4.2 Pembahasan.....	17
4.1.1 Penyiapan Adsorben Batu apung.....	17
4.1.2 Pelapisan Batu Apung dengan Kitosan.....	18
4.1.3 Penentuan Berat Kitosan pada Permukaan Batu apung.....	19
4.1.4 modifikasi Kitosan dan Sulfida pada Batu apung.....	20
4.1.5 Penyerapan Optimum Logam Besi (Fe) pada kolom dengan Variasi Adsorben	20
BAB V. PENUTUP	22
5.1 Kesimpulan	22
5.2 Saran	22
DAFTAR PUSTAKA	23
LAMPIRAN	28



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mekanisme Adsorpsi	5
Gambar 2.2 Struktur kimia selulosa, kitin, dan kitosan.....	8
Gambar 2.3 Ilustrasi Modifikasi sulfur pada permukaan karbon	9
Gambar 2.3 Ilustrasi perbedaan partikel logam palladium yang distabilkan kitosan diatas partikel titania	10
Gambar 3.1 Kolom Sederhana.....	15
Gambar 4.1 Kolom Sederhana.....	16
Gambar 4.2 Reaksi Kitosan-Silika	18



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data hasil penambahan berat batu apung	17
Tabel 4.2 Hasil uji daya serap Fe optimum dalam kolom	18



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Pembuatan Larutan	30
Lampiran 2	Prosedur Kerja	35
Lampiran 3	Dokumentasi Penelitian	39



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengurangi kadar logam dalam air yaitu adsorpsi (Nurhayati, Sutrisno, Pungut dan Sembodo, 2016). Adsorpsi merupakan suatu proses yang terjadi ketika suatu cairan atau gas terikat pada suatu padatan dan akhirnya membentuk suatu lapisan tipis pada permukaan padatan tersebut (Syauqiah, Amalia dan Kartini 2011). Substansi yang terserap atau substansi yang akan dipisahkan dari pelarutnya disebut dengan adsorbat, sedangkan adsorben merupakan suatu media penyerap. Menurut Kusmiyati, Lystanto dan Pratiwi (2012), metode adsorpsi merupakan metode yang paling mudah dan hemat biaya.

Metode adsorpsi dapat dilakukan dengan menggunakan polimer alam (biopolimer) sebagai adsorben, salah satu polimer yang paling melimpah di alam yaitu kitosan. Kitosan dimanfaatkan sebagai adsorben karena memiliki sisi aktif berupa gugus amina ($-NH_2$) dan hidroksil ($-OH$) yang memiliki kemampuan untuk mengikat ion logam pada rantainya sehingga logam berat yang berbahaya dan tidak stabil menjadi lebih stabil (Permanasari, Siswaningsih dan Wulandari, 2010). Kitosan memiliki struktur kimia [β -(1-4)-2-amino-2-deoksi-D glukosa] yang merupakan hasil dari deasetilasi. Kitosan merupakan suatu polimer yang bersifat polikationik, dengan keberadaan gugus hidroksil dan amino sepanjang rantai polimer menjadikan kitosan sangat efektif mengikat kation ion logam berat maupun kation dari zat-zat organik (Agustina, Swantara dan Suartha, 2015).

Telah banyak diteliti tentang kitosan yang digunakan sebagai adsorben, diantaranya yaitu Sulistyawati, *et al.* (2018), dengan pengujian membran kitosan sebagai adsorben menunjukkan peningkatan penyerapan logam Fe dengan hasil relatif baik diperoleh pada 30 menit adsorpsi dengan kandungan Fe sebesar 0,97 ppm. Kemampuan kitosan untuk menyerap logam berat sudah cukup baik, namun untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi dan kegunaan kitosan dapat dilakukan lagi dengan cara memodifikasinya. Menurut Tanheitafino, *et al.* (2016), kemampuan adsorpsi kitosan dapat ditingkatkan melalui modifikasi kitosan

dengan material anorganik lainnya. Penelitian tentang modifikasi terhadap kitosan telah dilakukan oleh Prasetyo, *et al.* (2014), menunjukkan kemampuan adsorpsi kitosan asam-askorbat pada uji campuran ion dapat meningkatkan daya adsorpsi terhadap logam Mg(II) sebesar 24,45 mg/g, Cd(II) sebesar 24,61 mg/g. Meskipun demikian kemampuan adsorpsi kitosan terhadap logam masih perlu ditingkatkan, misalnya dengan memperbanyak gugus akif seperti memodifikasi dengan senyawa lain atau memperluas permukaan kitosan (Raja dan Nurfajriani, 2017).

Menurut Elfa (2018), salah satu senyawa yang dapat digunakan sebagai adsorben yang termodifikasi yaitu sulfur, akan tetapi kajian tentang sulfur sebagai adsorben memiliki kendala karena sulfur dalam keadaan padat menyebabkan tidak semua sisinya dapat mengalami kontak dengan logam, sehingga dibutuhkan juga suatu zat penyangga atau media untuk dijadikan sulfur sebagai adsorben dalam bentuk larutan agar dapat bekerja dengan baik sebagai adsorben didalam air dengan memperluas bidang sentuh terhadap logam. Reddam, *et al.* (2017), menyatakan bahwa keberadaan sulfur pada permukaan adsorben dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi mencapai 100%, meskipun tekstur adsorben dan kandungan gugus dipermukaan adsorben harus dikenali, namun hasil yang diperoleh menyatakan pentingnya keberadaan sulfur dipermukaan adsorben untuk memperoleh kapasitas adsorpsi yang lebih besar.

Metode yang sedang berkembang untuk meningkatkan efektifitas adsorben adalah memodifikasi permukaannya dengan cara mengkombinasikan dengan bahan kimia tertentu. Menurut Albert, (2009) penggunaan Na_2S sebagai impregnan pada karbon aktif akan meningkatkan pori-pori karbon aktif. Dalam penelitiannya juga menjelaskan perbandingan adsorpsi ion Cu dan Cd, dimana peran Na_2S sangat signifikan. Untuk penyerapan Cu dengan adsorben arang aktif tanpa dilapisi Na_2S mencapai 64%, sedangkan pada adsorben arang aktif dilapisi Na_2S mencapai 86,21%. Dengan demikian, peran Na_2S sangat dibutuhkan dalam proses adsorpsi untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Lau, *et al.* (2013), menggunakan media berupa karbon aktif yang telah terlapisi sulfur menghasilkan adsorben yang lebih efisien. Munfarida, *et al.* (2016), melaporkan bahwa dengan penambahan sulfida dapat menyerap logam hingga 95,48%. Hu, *et al.* (2018), juga melaporkan

bahwa dengan memodifikasikan sulfur dengan biochar dapat digunakan sebagai adsorben yang efisien untuk menghilangkan logam Ni dalam air limbah. Penelitian diatas menunjukkan bahwa modifikasi sulfida sangat berperan dalam penyerapan ion logam berat yang jauh lebih tinggi. Telah diteliti juga oleh Meena, *et al.* (2010), dalam penelitiannya menjelaskan tentang penyerapan logam Cd, Pb, Hg, Ni dan Zn yang menunjukkan hampir 100% penghilangan kadar ion logam berat menggunakan adsorben arang aktif yang dikombinasikan dengan Na_2S . Dalam penelitian Iguchi dan Wajima (2018), diperoleh hasil adsorpsi logam nikel dengan menggunakan adsorben karbon aktif yang dikombinasikan dengan Na_2S dan K_2S adalah 0,43 mmol/g dan 0,27 mmol/g, yang berarti bahwa adsorben yang menggunakan Na_2S memiliki kemampuan adsorpsi nikel yang lebih tinggi dari pada yang menggunakan K_2S .

Dari kajian diatas, maka dibutuhkan suatu media untuk sulfur dapat bekerja lebih baik sebagai adsorben. Salah satu media yang dapat dijadikan sebagai adsorben yaitu batu apung, karena memiliki struktur yang berpori dan mengandung banyak sekali kapiler-kapiler yang halus, sehingga adsorbat akan teradsorpsi pada kapiler tersebut (Abuzar, Edwin dan Hasibuan, 2015). Menurut Zukria, *et al.* (2012), batu apung dapat juga dimanfaatkan sebagai katalis atau adsorben seperti zeolit atau batuan aktif lainnya karena batu apung memiliki sifat yang sama yaitu memiliki pori yang berhubungan satu sama lain pada permukaannya.

Berdasarkan uraian diatas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang “Pengaruh Sulfida pada Batu Apung yang Terlapisi Kitosan sebagai Adsorben Logam Besi (Fe) Terlarut”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan diatas maka yang menjadi rumusan masalah adalah bagaimanakah pengaruh daya serap sulfida pada batu apung yang terlapisi kitosan sebagai adsorben logam besi (Fe) terlarut?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh daya serap sulfida pada batu apung yang terlapisi kitosan sebagai adsorben logam besi (Fe) terlarut.

1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian ini akan dilaksanakan pengujian dan pengamatan dengan penekanan kepada :

- 1) Batu apung yang digunakan berasal dari pantai Alue Naga Aceh Besar.
- 2) Batu apung yang digunakan berukuran 100 mesh
- 3) Kitosan yang digunakan yaitu kitosan komersial 0,6%
- 4) Natrium Sulfida yang digunakan dengan konsentrasi 1 M, 3 M, 5 M.
- 5) Penyerapan logam Fe hanya diukur berdasarkan dari kombinasi adsorben dengan variasi konsentrasi sulfida 1, 3, dan 5 M.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

- 1) Bagi peneliti, untuk menambah wawasan pengetahuan dan pengalaman tentang bagaimana mengimobilisasi sulfida pada batu apung yang terlapisi kitosan sebagai adsorben logam besi (Fe) terlarut.
- 2) Bagi pemerintah daerah, sebagai informasi dan pertimbangan kepada pemerintah daerah khususnya badan lingkungan hidup (BLH), dinas kesehatan provinsi dan kabupaten dalam hal perencanaan, pemantauan serta dampak kesehatan lingkungan.
- 3) Bagi industri serta masyarakat, membantu memberikan pengetahuan dan wawasan tentang solusi dalam mengatasi pencemaran air oleh logam besi untuk mencegah dampak pencemaran terhadap lingkungan.

BAB II

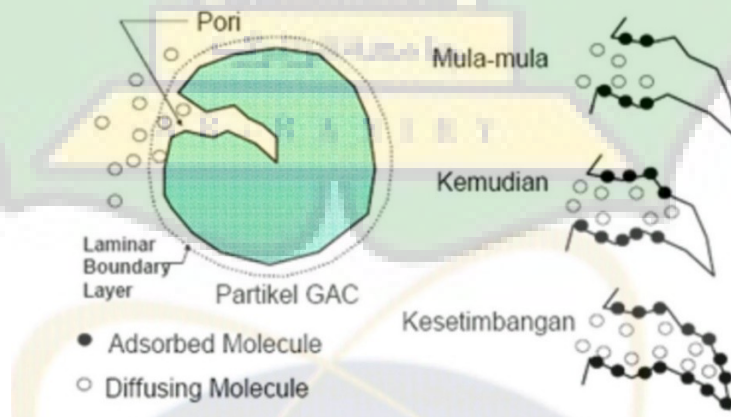
LANDASAN TEORITIS

2.1 Adsorpsi

Metode yang efektif untuk mengatasi masalah pencemaran lingkungan terhadap logam yaitu adsorpsi, namun metode adsorpsi bergantung pada kemampuan permukaan adsorben untuk menarik molekul-molekul gas, uap atau cairan (Nurdila, Asri dan Suharyadi, 2015). Pada umumnya adsorpsi terjadi berdasarkan interaksi antara logam dengan gugus fungsional yang terdapat pada permukaan adsorben melalui interaksi pertukaran ion atau pembentukan kompleks, biasanya terjadi pada permukaan padatan yang mengandung gugus fungsional seperti $-OH$, $-NH$, $-SH$ dan $COOH$ (Zaini dan Sami, 2017).

Menurut Nurhasni, *et al.* (2010), adsorpsi kimia terjadi dengan adanya ikatan kovalen antara partikel dengan permukaan untuk memenuhi bilangan koordinasinya dan menyebabkan terjadinya pemutusan ikatan. Proses adsorpsi yang terjadi dalam adsorpsi kimia melalui beberapa tahapan, yaitu :

1. Molekul yang berada dalam larutan berpindah mengelilingi lapisan adsorben.
2. Difusi zat terlarut yang terjadi dari larutan melalui film
3. Difusi zat terlarut larutan melalui pori adsorben
4. Adsorben melakukan adsorpsi.



Gambar 2.1 Mekanisme Adsorpsi (Nurhasni, Surdiyono dan Sya'ban, 2010)

Menurut Widayanto, *et al.* (2017), faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi dibagi menjadi 8, antaranya yaitu:

1. Faktor adsorben

- a. Adsorben polar, dimana adsorben polar memiliki daya serap yang besar terhadap keton, aldehid dan asam karboksilat.
- b. Adsorben non polar, dimana adsorben non polar memiliki daya serap yang besar terhadap amina dan senyawa yang bersifat basa.
- c. Adsorben basa, dimana adsorben basa memiliki daya serap yang besar terhadap senyawa yang bersifat asam.

2. Faktor adsorbat

Adsorpsi akan lebih cepat dan hasil adsorpsi lebih banyak jika zat yang diadsorpsi merupakan elektrolit, dibandingkan dengan larutan non elektrolit. Hal ini disebabkan karena larutan elektrolit terionisasi sehingga didalam larutan terdapat ion dengan muatan berlawanan yang menyebabkan gaya tarik menarik semakin besar.

3. Faktor konsentrasi

Jika konsentrasi semakin besar, maka jumlah solute yang teradsorpsi semakin besar. Hal ini sesuai dengan persamaan Freundlich:

$$\frac{X}{M} = K$$

Dimana:

X = berat teradsorpsi

M = berat adsorben

K = konstanta

4. Faktor luas permukaan

Adsorpsi akan terjadi lebih besar jika permukaan adsorben semakin luas, karena kemungkinan zat yang melekat pada permukaan adsorben akan bertambah.

5. Faktor tekanan

Adsorbat akan lebih cepat teradsorpsi, jika tekanan diperbesar. Karena tekanan dapat memperbesar jumlah zat yang teradsorpsi.

6. Faktor daya larut terhadap adsorben

Adsorpsi akan bertambah besar jika daya larut terhadap adsorben semakin tinggi. Hal ini dikarenakan gaya untuk melarutkan adsorbat berlawanan dengan gaya tarik adsorben terhadap adsorbat.

7. Faktor koadsorpsi

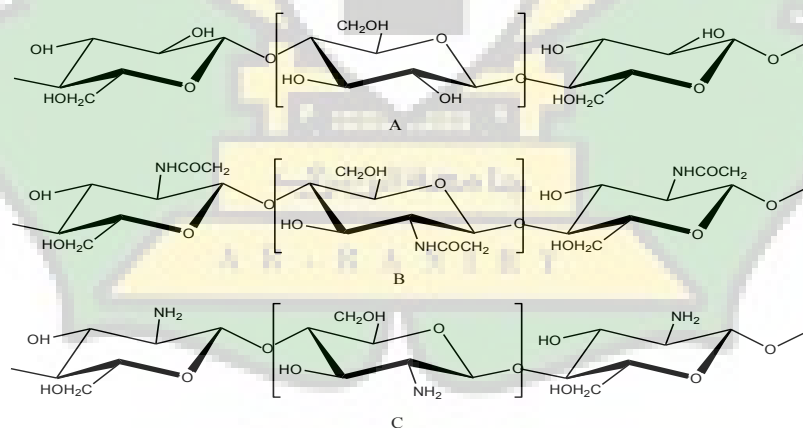
Daya serap adsorpsi terhadap adsorbat akan lebih besar jika adsorben telah mengadsorpsi suatu zat dari pada daya adsorpsi awal.

8. Pengadukan

Semakin cepat pengadukan, maka adsorbat dan adsorben akan saling bertumbukan sehingga dapat mempercepat proses penyerapan.

2.2 Kitosan

Kitosan merupakan polimer tidak beracun dan melimpah kedua setelah selulosa. Salah satu bahan polimer yang diaplikasikan secara luas dalam farmasi serta industri biomedis sebagai enzim terimobilisasi yaitu kitosan (Nessaa, *et al* 2010). Dengan adanya sisi aktif berupa gugus amina (-NH₂) dan hidroksil (-OH) yang mampu mengikat ion logam pada rantainya, kitosan banyak digunakan sebagai adsorben dalam proses adsorpsi (Permanasari, Siswaningsih dan Wulandari, 2010).



Gambar 2.2 Struktur kimia (A) selulosa, (B) kitin dan (C) kitosan

Kegunaan kitosan dalam proses adsorpsi banyak diaplikasikan sebagai atom penyerap ion logam berat dalam pengolahan air dan imobilisasi enzim. Kitosan dikenal memiliki kemampuan sebagai adsorben, karena dapat digunakan untuk menyerap logam berbahaya pada beberapa air limbah (Sukma, Riani, Pakpahan,

2018). Penelitian tentang penggunaan kitosan sebagai penyerap logam berat telah banyak dilaporkan, salah satunya yaitu oleh Morsi, Al-Sabagh, Moustafa, ElKholly dan Sayed (2014), dari hasil yang diperoleh, ditemukan bahwa kitosan menunjukkan kapasitas serapan maksimum 32,83 mg/g dari kadar logam Hg dengan konsentrasi 1000 ppm. Kajian tentang kitosan mampu menyerap ion logam memperoleh hasil yang baik. Kitosan dapat dikategorikan menjadi adsorben yang baik untuk menyerap berbagai ion logam seperti Fe dan Cd (Sobhanardakani, *et al.* 2015).

2.3 Batu Apung

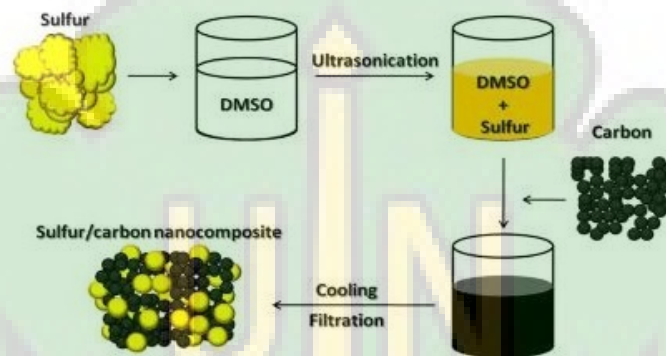
Batu apung adalah batuan beku yang terbentuk dari lava melalui proses pendinginan dan penurunan tekanan secara cepat. Erupsi gunung berapi menghamburkan material vulkanik ke udara yang memiliki suhu jauh lebih rendah dibandingkan pada saat material tersebut berada di dalam bumi. Perubahan suhu secara cepat mengakibatkan material yang sebelumnya berupa cairan pekat (magma) akibat suhu tinggi di dalam bumi, kemudian membentuk padatan pada saat diteruskan ke atmosfer dengan suhu yang jauh lebih rendah, batu apung umumnya tersusun atas senyawa-senyawa kimia berupa SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O , CaO , Na_2O , TiO_2 , dan MgO yang menyatu membentuk komposit mineral alami (Ridha dan Darminto 2016) dan secara umum berwarna pucat, mulai dari krem, putih, abu-abu atau biru, hitam, hingga hijau-coklat (Asgari, *et al.* 2012).

Batu apung dapat memiliki sifat basa atau asam berdasarkan proporsi kandungan silika dan aluminyanya. Kandungan silika tinggi membuat batu apung bersifat abrasif. Porositas yang tinggi dan kekayaan kandungan alumina dan silika menjadikan batu apung potensial untuk dimanfaatkan sebagai adsorben, filterbed, dan bahan pendukung dalam pengolahan air dan air limbah (Handayani, 2019). Penelitian terkait tentang batu apung yang digunakan sebagai adsorben telah dilakukan oleh Abuzar, *et al.* (2015), menggunakan batu apung mampu menyerap ion Fe dengan persentase adsorpsi sebesar 91,25%. Wardani, (2019) dengan kapasitas adsorpsi maksimum logam Pb tertinggi (42.918 mg/g) menggunakan serbuk batu apung yang teraktivasi basa. Hidayati, (2017) juga melaporkan bahwa batu apung dapat dijadikan sebagai adsorben yang efisien terhadap logam

Al, Hg dan Zn dengan kapasitas adsorpsi sebesar 0,056 mg/g, 0,000009 mg/g dan 0,009 mg/g.

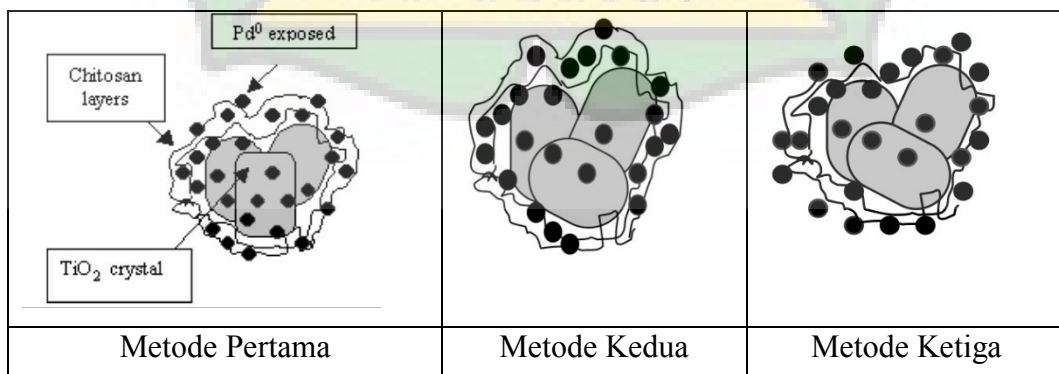
2.4 Modifikasi Partikel Aktif pada Zat Penyangga atau media

Dengan adanya sulfida didalam air yang tersalut pada batu apung, diperkirakan akan menghambat aktivitas besi di dalam air dengan cara membentuk senyawa FeS yang lebih stabil. Ilustrasi modifikasi sulfur pada permukaan dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut:



Gambar 2.3 Modifikasi sulfur pada permukaan karbon
(Sulaiman, *et al.* 2013)

Adlim (2006) menjelaskan metode penyalutan logam Pd nanopartikel pada permukaan titania yang tersalut kitosan. Kitosan yang memiliki sifat sebagai penstabil digunakan dalam proses sintesis logam Pd. Beberapa metode diuji dan metode ketiga yang paling efektif untuk menghasilkan katalis nanopartikel palladium yaitu dengan cara ion Pd^{2+} direduksi setelah proses impregnasi palladium pada kitosan dan titania. Ilustrasi perbedaan partikel logam padium yang distabilkan kitosan diatas partikel titania dapat dilihat pada Gambar.



Gambar 2.4 Ilustrasi perbedaan partikel logam palladium yang distabilkan kitosan diatas partikel titania (Adlim, 2006)

Menurut Sulistyaningsih (2017), pemanfaatan adsorben dapat memberikan efisiensi yang maksimal apabila dilakukan modifikasi terhadap adsorben, Modifikasi yang dilakukan adalah dengan menambahkan $ZnCl_2$ pada ampas tebu dengan tujuan untuk meningkatkan luas permukaan adsorben sehingga kapasitas adsorbsinya meningkat.

2.5 Besi

Besi memiliki sifat redoks, metabolisme oleh mikroorganisme dan pembentukan kompleks. Fe (II) umum ditemukan dalam air tanah dibandingkan Fe (III) karena air tanah tidak berhubungan dengan oksigen dari atmosfer, konsumsi oksigen bahan organik dalam media mikroorganisme sehingga menghasilkan keadaan reduksi dalam air tanah (Arba, 2017).

Besi juga merupakan bagian dari komponen hemoglobin yang diperkirakan dapat membawa sel darah merah ke jaringan tubuh. Menurut Kamarati, *et al.* (2018), kandungan Fe dalam air dapat bersumber dari dalam tanah sendiri, di samping itu dapat pula berasal dari sumber lain. Bila kekurangan besi, tubuh manusia akan mengalami kondisi lemah atau kondisi kekurangan darah, muntah, mual, dan sulit buang air besar. Namun kelebihan besi dalam tubuh dapat menimbulkan efek keracunan dan kerusakan usus (Khaira, 2007). Kadar besi yang berlebihan dapat merusak kesehatan manusia. Gangguan pernapasan dan keracunan menjadi akibat utama jika keracunan oleh besi (Fe) terlarut. Sehingga Kementerian Kesehatan didalam Permenkes No. 32/ Per/ Menkes /2017 tentang air bersih juga menetapkan ambang batas untuk logam besi (Fe) sebesar 1,0 mg/l.

2.6 Metode Dinamis (Kolom Sederhana)

Metode dinamis atau biasanya disebut metode kolom adalah suatu metode yang mempunyai daya serapan yang lebih tinggi dari pada metode *batch* untuk melakukan proses adsorpsi (Amsiri, 2010). Metode ini dilakukan dengan cara mengalirkan larutan yang mengandung molekul yang ingin di adsorpsi ke dalam kolom yang telah berisi adsorben. Partikel adsorben yang bersifat padat akan memenuhi isi kolom sehingga proses adsorpsi berjalan lebih optimal namun relatif lambat (Apriliani, 2010).

Seiring dengan peningkatan jumlah fluida yang dialirkan dalam kolom adsorpsi, adsorbat yang terdapat pada fluida tersebut akan diikat oleh adsorben, proses adsorpsi ini terjadi tidak berlanjut lama karena terdapat adsorbat yang mengendap didalam adsorben (Hudaya dan Meng, 2016). Jenis adsorpsi yang banyak digunakan yaitu adsorpsi kolom, karena adsorbat dan adsorben selalu berinteraksi sehingga adsorben dapat menyerap dengan optimal dan memiliki kapasitas yang besar. (Hutauruk dan Selpia, 2018).

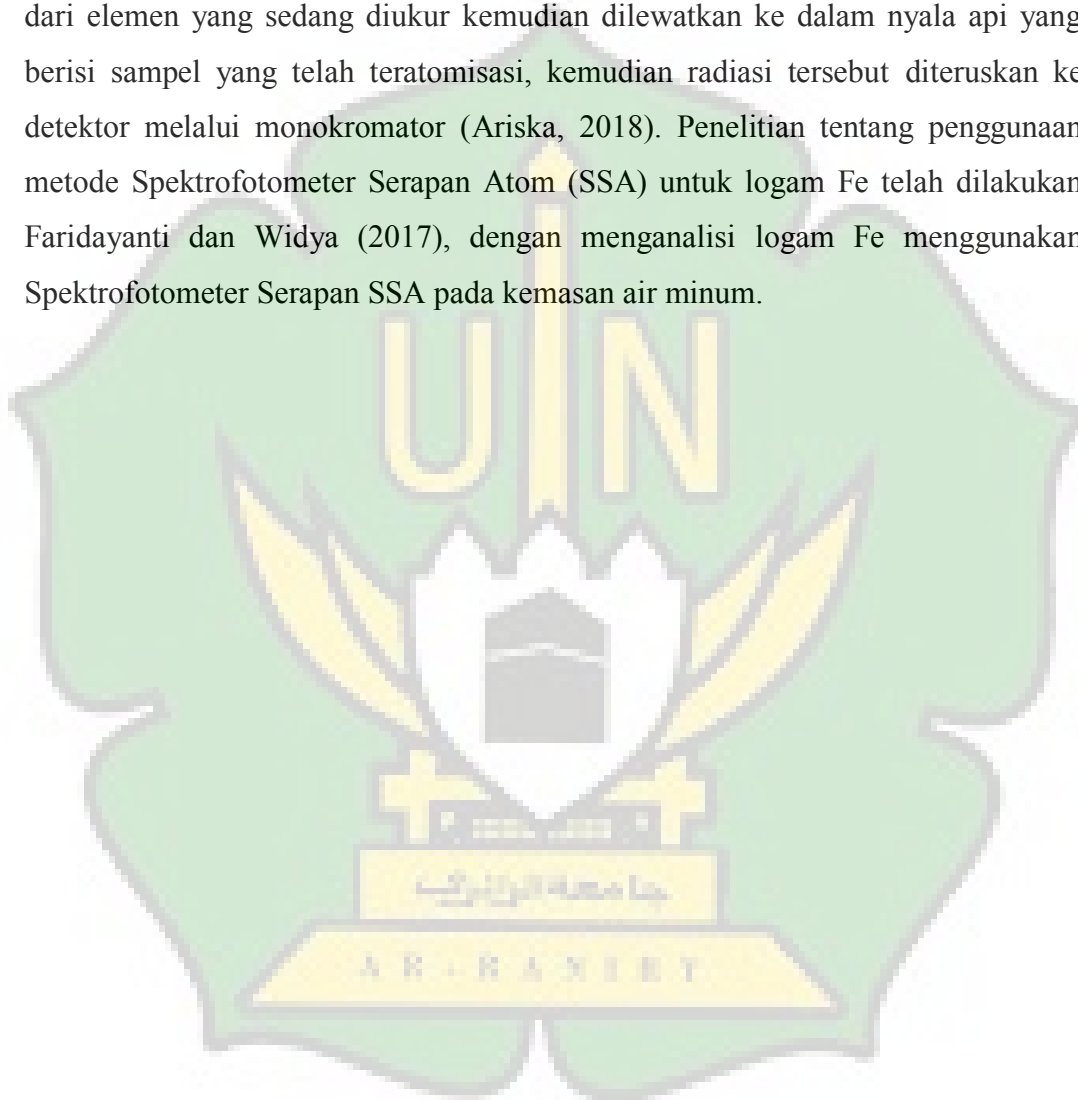
2.7 Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Analisis logam berat yang terkandung dalam suatu sampel harus menggunakan berbagai jenis instrumen. Instrumen yang paling sering digunakan adalah Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) atau *Atomic Adsorbtion Spectrophotometry* (AAS). Adanya hubungan yang saling mempengaruhi antara radiasi elektromagnetik dengan sampel menjadi prinsip dasar instrumen ini (Khopkar, 1990). Data hasil analisis dari instrument SSA berupa data kuantitatif yang dihasilkan dengan memanfaatkan penyerapan cahaya yang dilakukan oleh atom dalam keadaan bebas pada panjang gelombang tertentu. Dengan demikian kadar logam berat yang terkandung dalam suatu sampel dapat ditentukan.

Komponen dari instrumen SSA berupa (Muzdaleni, 2011) :

1. Sumber sinar, *Hallow Cathode Lamp* (HCL) yang terdiri dari katoda cekung yang silindris. Katoda harus terbuat dari unsur yang sama dengan sampel dan anoda dari tungsten. Pada tegangan arus tertentu atom akan memijar dan menguap. Proses emisi terjadi pada panjang gelombang tertentu disebabkan oleh adanya atom yang tereksitasi
2. Sumber atomisasi (*Atomizer*), terbagi 2 jenis yaitu sistem nyala dan tanpa nyala
3. Monokromator, dapat memisahkan radiasi yang berasal dari sampel atau dengan radiasi pengganggu saat analisis
4. Detector, dapat mengukur cahaya saat pengatoman serta mengubahnya menjadi energi listrik
5. Sistem pengolah, mengubah arus listrik menjadi daya serap atom transmisi
6. Sistem pembaca, menampilkan data hasil analisis sampel

Prinsip spektrofotometri serapan atom (SSA) yaitu absorbansi cahaya oleh atom. Atom-atom yang menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Metode serapan atom hanya tergantung pada perbandingan dan tidak bergantung pada temperatur. AAS terdiri dari tiga komponen Sumber radiasi, sistem pengukuran fotometrik dan unit teratomasi. Sumber cahaya pada AAS adalah sumber cahaya dari lampu katoda yang berasal dari elemen yang sedang diukur kemudian dilewatkan ke dalam nyala api yang berisi sampel yang telah teratomisasi, kemudian radiasi tersebut diteruskan ke detektor melalui monokromator (Ariska, 2018). Penelitian tentang penggunaan metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) untuk logam Fe telah dilakukan Faridayanti dan Widya (2017), dengan menganalisis logam Fe menggunakan Spektrofotometer Serapan SSA pada kemasan air minum.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret sampai Mei 2019. Laboratorium Multifungsi Universitas UIN Ar-Raniry, Darussalam, Banda Aceh.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat gelas yang umumnya digunakan di laboratorium kimia, magnetik stirrer SH-2, botol, ayakan (*Laboratory test Sieve BBS BA-0710*), neraca analitik (Matrix AJ602B), lesung atau palu, oven (*Drying Oven/incubator GP-45 BE*), desikator, dan seperangkat alat kolom sederhana. Instrumen yang digunakan adalah Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) (*Shimadzu AA-6300 Serial No. A305245*).

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian yaitu kitosan, batu apung yang berasal dari pinggiran pantai Alue Naga Aceh Besar, larutan standar Fe, natrium sulfida (Na_2S) 1 M, 3 M, 5 M, asam asetat glasial 85% (CH_3COOH), label nama, tisu atau serbet dan akuades (H_2O).

3.3 Prosedur Kerja

3.3.1 Penyiapan Adsorben Batu Apung

Batu apung yang digunakan sebagai sampel diperoleh dari pesisir pantai Alue Naga, Aceh Besar. Batu apung direndam dengan air yang mengalir 3 hari lalu di keringkan dibawah sinar matahari untuk menghilangkan kadar garam. Selanjutnya batu apung dihaluskan menggunakan palu menjadi ukuran yang beragam. Batu apung diayak dengan ukuran ayakan 100 mesh. Batu apung yang berukuran 100 mesh dikeringkan pada oven dengan suhu 105°C selama

30 menit. Batu apung disimpan dalam desikator dan digunakan sebagai adsorben.

3.3.2 Pembuatan Larutan kitosan 0,6% (Devita, 2018)

Kitosan ditimbang sebesar 1,5 gram dan dimasukkan ke dalam gelas kimia. Larutan CH_3COOH 1,5% sebanyak 250 ml dicampurkan ke dalam kitosan. Diaduk dengan magnetik stirrer pada kecepatan 350 rpm sampai kitosan larut.

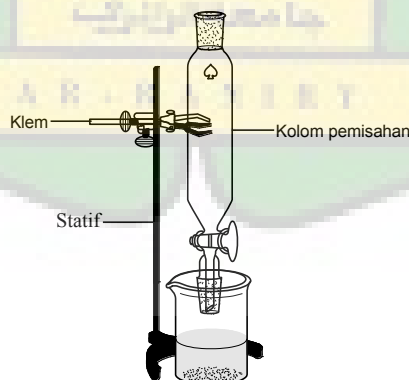
3.3.3 Penentuan Berat Kitosan pada Permukaan batu apung

Batu apung dipanaskan didalam oven pada suhu 105°C dan didinginkan. Untuk proses pelapisan, serbuk batu apung sebanyak 1 gram direndam dengan larutan kitosan 0,6% sebanyak 2 ml lalu dikeringkan pada suhu ruangan. Setelah kering, serbuk batu apung-kitosan ditimbang lalu dicatat hasilnya.

3.3.4 Modifikasi Kitosan dan Sulfida pada batu apung

Sebanyak 20 mL larutan kitosan 0,6% ditambahkan ke dalam larutan 10 ml Na_2S 1M lalu dihomogenkan. Setelah homogen, larutan tersebut ditambahkan batu apung sebanyak 10 gram, kemudian dikeringkan pada suhu kamar. Hasil dari modifikasi ini yaitu serbuk batu apung-kitosan- Na_2S 1M. Perlakuan yang sama dilakukan untuk konsentrasi Na_2S 3 M dan 5 M.

3.3.5 Penyerapan Logam Besi (Fe) pada kolom dengan Variasi Adsorben



Gambar 3.1. Rangkaian Alat Kolom Sederhana

Dirangkai alat yang meliputi kolom, statif, klem dan beaker glass sedemikian rupa sesuai dengan gambar 3.1. Kemudian, selembar kertas saring

dipotong mengikuti ukuran diameter kolom dan dimasukkan hingga ke dasar kolom. Sebanyak 10 g serbuk batu apung dimasukkan kedalam kolom yang telah disiapkan pada rangkaian alat. Kemudian dimasukkan 15 ml larutan standar Fe 1000 ppm kedalam kolom. lalu didiamkan selama 24 jam. Setelah selesai, larutan dikeluarkan melalui kran dan ditampung pada botol sampel lalu dianalisis kadar logam Fe tersisa. Hal yang sama dilakukan terhadap batu apung-kitosan dan variasi serbuk batu apung-kitosan- Na_2S .

3.4 Analisis Data

Data AAS yang didapatkan dianalisis dengan beberapa metode yaitu penentuan efisiensi dan kapasitas adsorpsi dari adsorben.

3.4.1 Penentuan Efisiensi dan Kapasitas Adsorpsi

Cara penentuan efisiensi dan kapasitas adsorpsi dari adsorben dapat digunakan rumus (Sobhanardakani dkk., 2015) :

$$\% E = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\% \text{ dan } Q = \frac{C_0 - C_1}{m} \times v$$

Keterangan :

% E = persen efisiensi adsorpsi

Q = kapasitas adsorpsi (mg/g)

C_0 = konsentrasi awal larutan (mg/L)

C_1 = konsentrasi akhir larutan (mg/L)

m = massa adsorben (g)

v = volume larutan (ml)

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Penentuan Berat Kitosan pada Permukaan Batu Apung

Tabel 4.1 Data Hasil Penambahan Kitosan pada Permukaan Batu Apung

Percobaan ke-	Berat (g)			
	Batu apung (g)	Batu Apung-Kitosan	Berat kitosan (g)	Berat rata-rata kitosan (g)
1	1	1,263	0,263	0,224
2	1	1,213	0,213	
3	1	1,196	0,196	

4.1.2 Penyerapan Ion Besi (Fe) pada kolom dengan variasi Adsorben

Tabel 4.2 Hasil Uji Daya Serap Fe Optimum dalam kolom

No	Parameter					
	Variasi adsorben	Perendaman (jam)	Larutan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ awal (mg/L)	Larutan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ akhir (mg/L)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)	Persentase Efisiensi (%)
1.	Batu Apung	24	1000	806,0867	0,0290	19
2.	Batu apung-kitosan	24	1000	433,6767	0,0809	56
3.	Batu apung-kitosan- Na_2S 1 M	24	1000	87,7267	0,1244	91
4.	Batu apung-kitosan- Na_2S 3 M	24	1000	37,5517	0,1312	96
5.	Batu apung-kitosan- Na_2S 5 M	24	1000	31,5483	0,1320	97

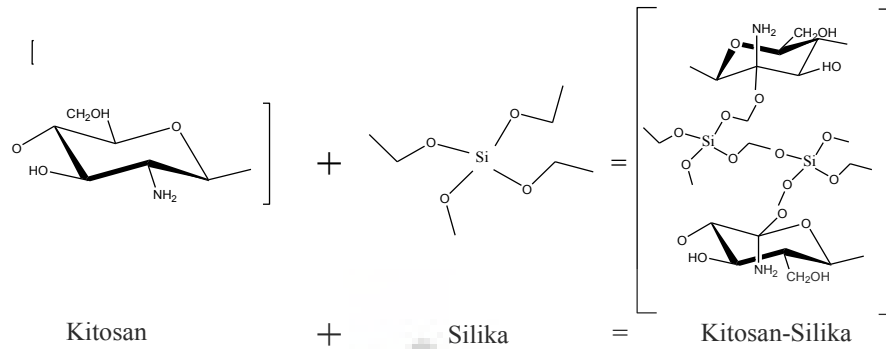
4.2 Pembahasan

4.2.1 Pelapisan Batu Apung dengan Kitosan

Kitosan memiliki gugus aktif berupa gugus amina ($-NH_2$) dan gugus hidroksil ($-OH$) yang dapat mengikat logam dan membentuk khelat logam (Morsi, *et al.* 2014). Batu apung yang belum terlapis kitosan memiliki warna yang lebih putih jika dibandingkan dengan batu apung yang telah terlapis kitosan. Selain dari warna batu apung yang berubah dari putih menjadi agak kecoklatan, batu apung yang telah terlapis kitosan juga memiliki tekstur yang berbeda. Tekstur dari batu apung-kitosan sedikit menggumpal dibandingkan dengan batu apung tanpa lapisan kitosan. Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Hendarsa, *et al.* (2013), dengan menggunakan batu apung sebagai penyangga yang di lapis TiO_2 , perbedaan morfologi antara batu apung tanpa TiO_2 dengan batu apung dilapisi TiO_2 sangat signifikan, dimana batu apung tanpa TiO_2 memiliki banyak rongga sedangkan batu apung yang dilapisi TiO_2 memiliki pori yang rapat dan jumlah rongga yang dimiliki menurun karena lapisan TiO_2 yang mengisi pori dari batu apung tersebut secara merata.

4.2.2 Penentuan Berat Kitosan pada Permukaan batu apung

Batu apung mengandung silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3) yang signifikan Mohrly, *et al.* (2015), sehingga terjadinya interaksi antara kitosan dengan silika. Berdasarkan hasil pengamatan Maharani, *et al.* (2011), pada spektra diketahui bahwa gugus OH dari silika dapat berinteraksi dengan gugus asetamida, amina dan hidroksil pada kitosan melalui ikatan hidrogen. Interaksi ini menyebabkan meningkatnya kekuatan ikatan kitosan pada batu apung dengan adanya ikatan silang dari gugus silika. Reaksi antara silika dengan kitosan seperti dibawah ini

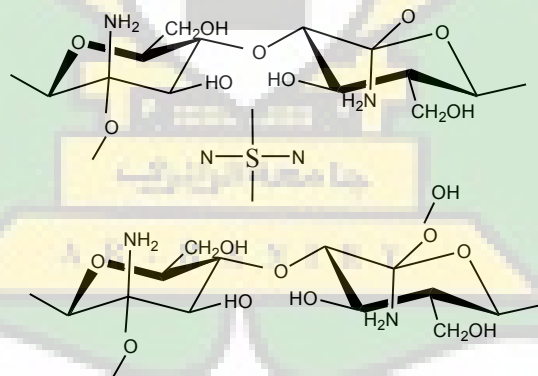


Gambar 4.2 Reaksi Kitosan-Silika

Pembuktian adanya lapisan film kitosan pada batu apung juga dapat dilihat pada pertambahan berat batu apung. Data yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 membuktikan bahwa batu apung yang dilapisi kitosan mengalami penambahan berat. Berat kitosan sebesar 0,224 dalam setiap 1 gram batu apung.

4.2.3 Modifikasi Kitosan dan Sulfida pada Batu Apung

Proses modifikasi kitosan dan sulfida dilakukan dengan mencampurkan kitosan dengan larutan Na_2S terlebih dahulu. Reaksi larutan ini ditandai dengan kitosan yang mengendap dan larutan akan berubah warna serta membentuk endapan hitam.



Gambar 4.3 Reaksi Kitosan-Natrium Sulfida

Hasil kombinasi batu apung dengan larutan kitosan- Na_2S menyebabkan perubahan warna pada batu apung. Selain dari warna batu apung yang berubah dari putih menjadi kuning kecoklatan, batu apung yang telah terlapisi kitosan- Na_2S juga memiliki tekstur yang berbeda.

4.2.4 Penyerapan Ion Besi (Fe) pada Kolom dengan Variasi Adsorben

Persentase adsorpsi batu apung terhadap logam besi terlarut setelah perendaman 24 jam sebesar 19%, untuk batu apung-kitosan 56%, untuk batu apung-kitosan- Na_2S 1M 91%, untuk batu apung-kitosan- Na_2S 3M 96%, dan untuk batu apung-kitosan- Na_2S 5 M 97%. Hasil menunjukkan bahwa adsorben dengan daya serap yang lebih baik ditunjukkan oleh batu apung-kitosan- Na_2S 5M dengan persentase efisiensi adsorpsi sebesar 97%. Penelitian yang telah dilakukan oleh Putri (2015), menggunakan batu apung tanpa dilapisi kitosan maupun sulfida (Na_2S) mampu menyerap ion Fe dengan persentase adsorpsi sebesar 47,54%. Dari penelitian yang telah dilakukan Fadlilah, *et al.* (2018), menunjukkan bahwa menggunakan larutan Na_2S dengan metode presipitasi dapat menurunkan kadar Hg pada limbah sintetik HgCl_2 dengan massa endapan HgS optimum sebesar 0,046 g dengan persentase efisiensi penyerapan hingga 99,81%. Dari hasil penelitian diatas menunjukkan bahwa dengan memodifikasikan partikel aktif pada zat penyangga atau media dapat menjadikan adsorben yang lebih efisien.

BAB V

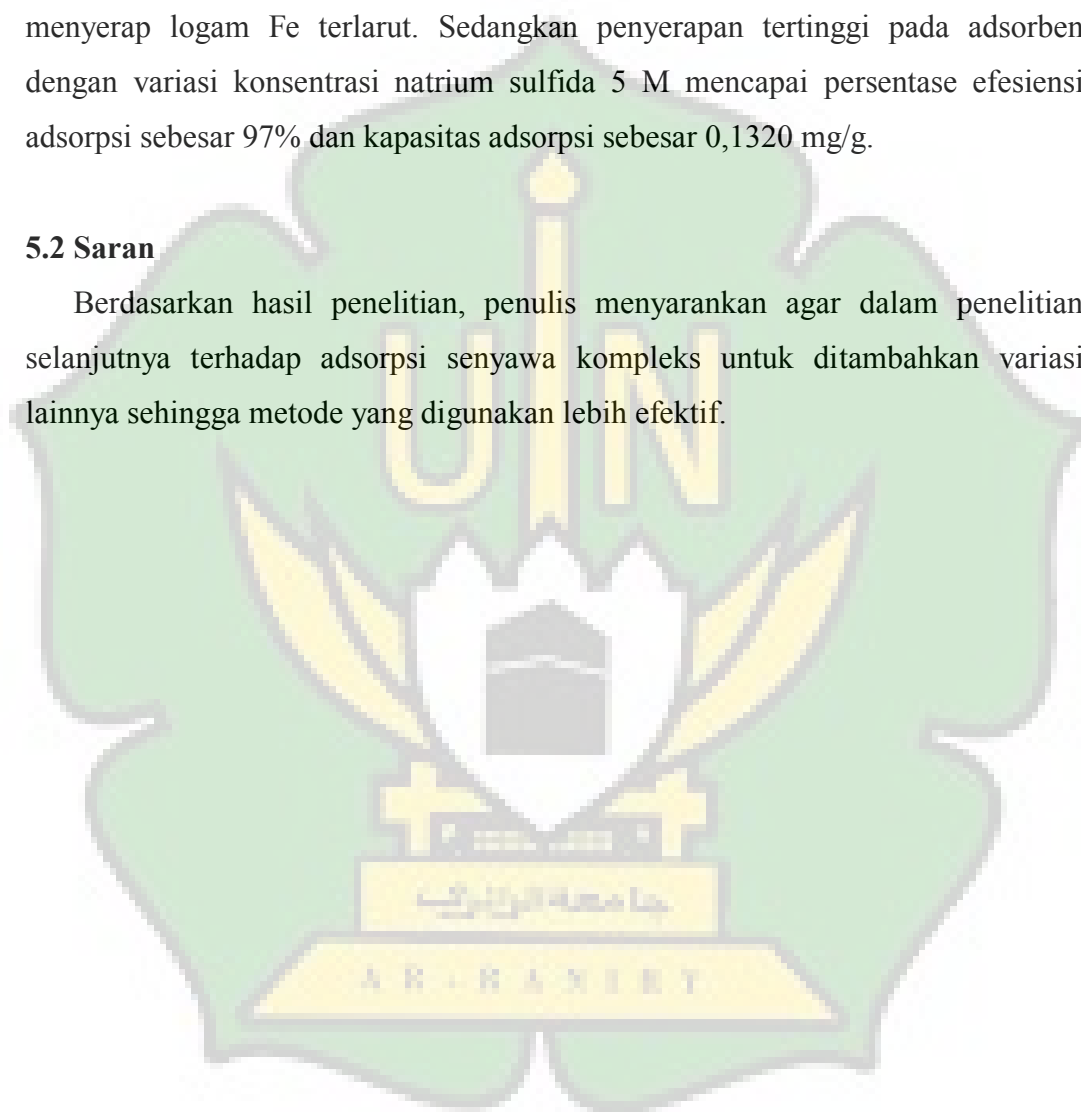
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pengaruh daya serap sulfida pada batu apung yang dilapisi kitosan memiliki kemampuan untuk menyerap logam Fe terlarut. Sedangkan penyerapan tertinggi pada adsorben dengan variasi konsentrasi natrium sulfida 5 M mencapai persentase efisiensi adsorpsi sebesar 97% dan kapasitas adsorpsi sebesar 0,1320 mg/g.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, penulis menyarankan agar dalam penelitian selanjutnya terhadap adsorpsi senyawa kompleks untuk ditambahkan variasi lainnya sehingga metode yang digunakan lebih efektif.



DAFTAR PUSTAKA

- Adlim. (2006). Preparation of chitosan-stabilized silver (Chi-Ag) nano particles using different reducing agent and techniques, *Jurnal Sains dan Teknologi*, 12, 185-191.
- Agustina, S., Swantara, M. D., dan Suartha, N. (2015). Isolasi kitin, karakterisasi dan sintesis kitosan dari kulit udang. *Jurnal Kimia*, Bali, Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Udayana, 9 (2), 271-278.
- Amsiri. (2010). Penyerapan merkuri dalam limbah simulasi menggunakan zeolit klinoptilolit. *Skripsi*, Jakarta, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Apriliani, A. (2010). Pemanfaatan arang ampas tebu sebagai adsorben ion logam Cd, Cr, Cu, dan Pb dalam air limbah. *Skripsi*, Jakarta, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Arba, H. N. (2017). Identifikasi logam besi (Fe) pada zonasi radius 1-5 km daerah tempat pembuangan akhir (TPA) antang Makassar terhadap pengaruh kualitas air sumur gali. *Skripsi*, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Alauddin Makassar.
- Ariska, P. (2018). Penetapan kadar Fe (Besi) pada air tanah di kelurahan Mojosongo Kota Surakarta dengan metode spektrofotometri serapan atom. *Skripsi*, Surakarta, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Setia Budi.
- Asgari, G., Roshani, B., dan Ghanizadeh G. (2012). The investigation of kinetic and isotherm of fluoride adsorption onto functionalized pumice stone. *Hazard Material*. 17–218, 123–132.
- Atkins, P. W. (1997). *Kimia Fisika 2*. Jakarta, Erlangga
- Devita. (2018). Imobilisasi sulfida pada karang yang terlapis kitosan sebagai adsorben logam merkuri (Hg) terlarut. *Skripsi*, Universitas Syiah Kuala.
- Fadlilah, I., Prasetya, A., dan Mulyono, P. (2018). Recovery ion Hg^{2+} dari limbah cair industri penambangan emas rakyat dengan metode presipitasi sulfida

- dan hidroksida. *Jurnal Rekayasa Proses*. Fakultas Teknik, Yogyakarta, Universitas Gadjah Mada.
- Faridayanti, W. (2017). Analisis kadar logam besi (Fe) pada air minum dalam kemasan menggunakan metode spektrofotometri serapan atom. *Skripsi*, Universitas Sumatra Utara.
- Hajar, E. W. L., Sitorus, R. S., Mulianingtias, N., dan Weldan, F.J. (2016). Efektivitas adsorbs logam Pb^{2+} dan Cd^{2+} menggunakan media adsorben cangkang telur ayam. *Jurnal konversi*, 5 (1), 1-7.
- Handayani, I. (2019). Kapasitas adsorpsi timbal dari tepung batu apung lombok teraktivasi basa dalam sistem larutan. *Skripsi*, Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Hendarsam, A. S., Tanuwijaya, J., Nitya, C. V. N. Hermansyah. H., dan Slamet. (2013). Fotodegradasi fenol dengan katalis TiO_2 P25 berpenyangga batu apung. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, Departemen Teknik Kimia. Universitas Indonesia, Depok, 35 (1), 45-51.
- Hu, X., Xue, L., Liu, L. (2018). Preparation and characterization of Na_2S -modified biochar for nickel removal. *Environmental Science and Pollution Research*, <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1298-6>.
- Hudaya, T., dan Meng, S. T. (2016). Perancangan kolom adsorpsi karbon aktif untuk pengolahan limbah kromium heksavelen. *Laporan penelitian*, Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Universitas Katolik Parahyangan.
- Hutauruk, Lince, S. (2018). Kemampuan adsorpsi $CaSiO_3$ -PEG dalam menurunkan kadar logam Cr Dan Ni dari limbah elektroplating dengan metode kolom dan batch. *Skripsi*, Universitas Sumatra Utara.
- Iguchi, M., and Wajima, T. (2018). Behavior of reduction precipitation of nickel adsorbed on the surface of sulfur-impregnated carbonaceous cotton. *Journal of Engineering and Science Research*, 2 (5), 01-06.
- Kamarati, K. F., Marlon I., dan Sumaryono. (2018). Kandungan logam berat besi (Fe), timbal (Pb) dan mangan (Mn) pada air sungai santan. *Jurnal Penelitian Ekosistem Dipterokarpa*, Penelitian Ekosistem Dipterokarpa, 4 (1), 49-56.

- Khopkar, S.M 1990. Konsep dasar kimia analitik. Jakarta : Universitas Indonesia.
- Khaira, K. (2013). Penentuan kadar besi (Fe) air sumur dan air PDAM dengan metode spektrofotometri. *Jurnal Saintek*, Jurusan Tarbiyah Stain Batusangkar, 5 (1).
- Kusmiyati, Puspita dan Pratiwi, K. (2012). Pemanfaatan karbon aktif arang batu batubara (KAAB) untuk menurunkan kadar ion logam berat Cu dan Ag pada limbah cair industri. *Jurnal Teknik*, 14 (1), 51-60.
- Lau, R.I., Chung, H.H., Yi, S.J., Chung, S.Y., and Wei, H.C. (2013). Adsorption of vapor-phase elemental mercury and mercury chloride with innovative composite active carbons impregnated with Na₂S and S in defferent sequences. *Chemical Engineering Journal*, 229, 469-476.
- Maharani, D. K., Kartini, I., and Aprilita, N. H. (2011). Efektivitas nana komposit kitosan-epoksi silika sebagai bahan anti bakteri ramah lingkungan pada tekstil. *Journal Of Biological Reasearches*, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya.
- Meena, A. K., Rajagopal, C., Kiran, and Mishra, G. K. (2010). Removal of heavy metal ions from aqueous solutions using chemically (Na₂S) treated granular activated carbon as an adsorbent. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 69, 449-453.
- Morsi, R.E., Al-sabagh, A.M., Moustafa, Y.M., and Sayed, M.S. (2014). Mercury uptake capacity of chitosan : Kinetic and isotherm study. *Journal Chemistry. Egyp*
- Mourhly, A., Khachani, M., Hamidi, A., Kacimi, M., Halim, M., and Arsalane, S. (2015). The Synthesis and Characterization of Low-cost Mesoporous Silica SiO₂ from Local Pumice Rock. *Nanomater Nanotechnol*, 5, 35, Doi: 10.5772/62033.
- Munfarida, Tunggul, A., Susanawati, L. D., Handaru, B and Cahyono. (2016). Reduksi logam merkuri (Hg) dengan penambahan Na₂S atau NaOH pada limbah cair pengujian COD refluk terbuka. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijya.
- Murachman, B., Putra, E. S., dan Wulandary. (2014). Dekolorisasi dan deoilisasi parafin menggunakan adsorben zeolit, arang aktif dan produk pirolisis batu

- bara. *Jurnal Rekayasa Proses*, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, 8 (2).
- Muzdaleni. (2011). Analisa kandungan logam berat Pb dan Fe dengan metode spektrofotometri serapan atom terhadap ikan sardine di Pekanbaru. *Skripsi*, Pekanbaru, Universitas Islam Negri Sultan Kasim Riau.
- Napitupulu, A. (2009). Impregnasi karbon aktif dengan sulfida untuk mengikat ion tembaga (II) dan kadmium (II) didalam air. *Tesis*, Universitas Sumatra Utara. Medan.
- Nessa, S., Masum M., Asaduzzman, M., Roy, S., Hossain, M., and Jahan. M. 2010. A process for the preparation of chitin and chitosan from prawn shell waste. *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Reseach*, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, 45, 323-330.
- Nurdila, F. A., Asril, N. S dan Suharyadi, E. (2015). Adsorpsi logam tembaga (Cu), besi (Fe), dan nikel (Ni) dalam limbah cair buatan menggunakan nanopartikel cobalt ferrite (CoFe₂O₄). *Jurnal Fisika Indonesia*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, 55 (21).
- Nurhayati, I., Sutrisno, J., Pungut, dan Sembodo, B. P. (2016). Arang Aktif Ampas Tebu sebagai Media Adsorpsi untuk Meningkatkan Kualitas Air Sumur Gali. *Jurnal Teknik*, Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri Universitas PGRI Adi Buana Surabaya, 13 (02).
- Nurhasni, Firdiyono, F dan Sya'ban, Q. (2012). Penyerapan ion aluminium dan besi dalam larutan sodium silikat menggunakan karbon aktif. *Jurnal Valensi*, Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, 2 (4), 516-525.
- Permanasari, A., Siswaningsih, W., dan Wulandari, I. (2010). Uji kinerja adsorben kitosan bentonit terhadap logam berat dan diazinon secara simultan. *Jurnal Sains dan Teknologi Kimia*, Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, 1(2), 121-134.
- Prambaningrum, W., Khabibi, M., dan Djunaidi, C. (2009). Adsorpsi ion besi(III) dan kadmium(II) menggunakan gel kitosan. *Jurnal Kimia Sains dan*

Aplikasi, Semarang, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University.

- Prasetyio, W., Khabibi, dan Widodo, S. (2014). Adsorpsi ion logam Mg(II) menggunakan kitosan termodifikasi asam askorbat. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, Semarang, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University. 17 (2), 70 – 74.
- Raja, P. M., dan Nurfajriani. (2017). Pembuatan Adsorben dari kitosan cangkang belangkas (*Tachypleus gigas*) dan gelatin untuk menurunkan kadar logam timbal (Pb). *Jurnal Pendidikan Kimia*, Departemen Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Medan.
- Reddam, Wahby, A., Mail, R., Albero, J. S., Reinoso, F. R and Escribano, A. S. (2014). Activated carbons impregnated with Na₂S and H₂SO₄: *Texture, Surface Chemistry and Application to Mercury Removal from Aqueous Solutions*. Laboratorio de Materiales Avanzados, Departamento de Química Inorgánica, Instituto Universitario de Materiales de Alicante, Universidad de Alicante, Apartado 99, E-03080, Alicante, Spain.
- Ridha M., dan Darminto. (2016). Analisis densitas, porositas, dan struktur mikro batu apung lombok dengan variasi lokasi menggunakan metode archimedes dan software image-j. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh November, 12 (30), 124-130.
- Rima, M, P. (2009). Kinerja kolom adsorpsi dengan konfigurasi seri memanfaatkan adsorben batu apung untuk penyisihan logam besi (Fe) dan mangan (Mn) dari larutan simulasi air tanah. *Skripsi*, Fakultas Teknik, Universitas Andalas.
- Sobhanardakani, S., Zandipak, R., Khoi, A, J., Hosseini, S, M., Moslemi, M., and Delfieh, P. 2015. Removal of Hg (II) and Cd (II) ions from aqueous solution using chitosan. *Iranian Journal of Health Sciences*, Kinetics and equilibrium studies, 3(2), 2-30.
- Sukma, D. H., Riani, E., dan Pakpahan, E. N. (2018). Pemanfaatan kitosan sebagai adsorben sianida pada limbah bijih emas. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 21 (3).

- Sulistiyawati, E. Wijaya, M. D. dan Fantryani. (2018). Membran kitosan sebagai adsorben logam besi (Fe) pada air sumur di lingkungan teknik kimia UPN “Veteran” Yogyakarta. *Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia Yogyakarta*, Program Studi Teknik Kimia, FTI, UPN Yogyakarta
- Sulistyaningsih, E. (2017). Karbon aktif termodifikasi ZnCl₂ untuk adsorpsi ion logam Fe(II) dalam limbah batik. *Jurnal Teknologi*, 10 (1), Jurusan Teknik Industri, Institut Sains dan Teknologi Yogyakarta.
- Syauqiah, I., Amalia, M., dan Kartini, A. H. (2011). Analisis variasi waktu dan kecepatan pengaduk pada proses adsorpsi limbah logam berat dengan arang aktif. *Jurnal Teknik*, 12 (1).
- Tanheitafino, S., Zaharah, T. A., dan Destiarti, L. (2016). Modifikasi kitosan dengan kaolin dan aplikasinya sebagai adsorben timbal (II). *Jurnal Kajian Komunikasi*, Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura, 5 (2), 33-42.
- Thariq, M. R. A., Fadli, M., Rahmat, A dan Handayani, R. (2016). Pengembangan kitosan terkini pada berbagai aplikasi kehidupan. *Review Jurnal*, <https://www.researchgate.net>
- Udyani, K. (2010). Adsorpsi detergen dalam air menggunakan adsorben karbon aktif pada kolom fluidisasi bed. *Jurnal Teknik Kimia*, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri ITATS Surabaya, 5 (1).
- Wardani, I. (2019). Kapasitas adsorpsi timbal dari tepung batu apung kediri teraktivasi basa dalam sistem larutan. *Skripsi*, Departemen ilmu tanah dan sumberdaya lahan. Institut pertanian Bogor.
- Widayatno, T., Yuliawati, T., dan Susilo, A. A. (2017). Adsorpsi logam berat (Pb) dari limbah cair dengan adsorben arang bambu aktif. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 1 (1).
- Zaini, H dan Sami, M (2017). Penyisihan Pb (II) dalam air limbah laboratorium sistem kolom dengan biosorben kulit kacang tanah. *Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat*, 5 (1).

Zukria, Paputungan, M dan Musa, W. J. A. (2012). Analisis Logam-logam Pada Batu Apung dan Modifikasinya Serta Uji Adsorpsinya Pada Larutan Asam Asetat. *Jurnal Saintek*, Jurusan Pendidikan Kimia Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo, 6 (5).



Lampiran 1. Pembuatan Larutan

1. Pembuatan larutan CH₃COOH 1,5%

Menghitung volume CH₃COOH pekat yang diperlukan

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } \% \text{ CH}_3\text{COOH} &= 1,5\% \\ V_2 \text{ CH}_3\text{COOH} &= 250 \text{ ml} \\ \% \text{ berat CH}_3\text{COOH} &= 85\% \end{aligned}$$

$$\text{Ditanya : } V_1 \text{ CH}_3\text{COOH} = \dots \text{ ml}$$

Penyelesaian :

$$V_1 \times \%_1 = V_2 \times \%_2$$

$$V_1 \times 85\% = 250 \text{ ml} \times 1,5 \%$$

$$V_1 = \frac{250 \text{ ml} \times 1,5 \%}{85\%}$$

$$V_1 = 4,41 \text{ ml}$$

Dipipet 4,41 ml CH₃COOH pekat dan dimasukkan dalam gelas kimia yang berisi sedikit akuades, diaduk dan dimasukkan dalam labu ukur 250 ml. Kemudian diencerkan sampai tanda batas. Larutan dipindahkan kedalam botol reagen yang telah disiapkan.

2. Penyiapan Larutan Kitosan 0,6 %

$$\text{Berat kitosan} = 1,5 \text{ gram}$$

$$V \text{ CH}_3\text{COOH} = 250 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyelesaian} &= \frac{1,5}{250} \times 100\% \\ &= 0,6 \% \end{aligned}$$

3. Pembuatan Larutan Na₂S 1 M

Menghitung massa Na₂S yang diperlukan

$$\text{Diketahui : } M \text{ Na}_2\text{S} = 1 \text{ M}$$

$$M_r \text{ Na}_2\text{S} = 78 \text{ g/mol}$$

$$V \text{ Na}_2\text{S} = 50 \text{ ml}$$

Ditanya : $m \text{ Na}_2\text{S} = \dots \text{ g?}$

Penyelesaian :

$$M = \frac{m \times 1000}{Mr \times V}$$

$$m = \frac{M \times Mr \times V}{1000 \text{ ml/L}}$$

$$= \frac{1 \frac{\text{mol}}{\text{l}} \times 78 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 50 \text{ ml}}{1000 \text{ ml/L}}$$

$$= 3,9 \text{ g}$$

4. Pembuatan Larutan Na_2S 3 M

Menghitung massa Na_2S yang diperlukan

Diketahui : $M \text{ Na}_2\text{S} = 3 \text{ M}$

$Mr \text{ Na}_2\text{S} = 78 \text{ g/mol}$

$V \text{ Na}_2\text{S} = 50 \text{ ml}$

Ditanya : $m \text{ Na}_2\text{S} = \dots \text{ g?}$

Penyelesaian :

$$M = \frac{m \times 1000}{Mr \times V}$$

$$m = \frac{M \times Mr \times V}{1000 \text{ ml/L}}$$

$$= \frac{3 \frac{\text{mol}}{\text{l}} \times 78 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 50 \text{ ml}}{1000 \text{ ml/L}}$$

$$= 11,7 \text{ g}$$

5. Pembuatan Larutan Na_2S 5 M

Menghitung massa Na_2S yang diperlukan

Diketahui : $M \text{ Na}_2\text{S} = 5 \text{ M}$

$Mr \text{ Na}_2\text{S} = 78 \text{ g/mol}$

$V \text{ Na}_2\text{S} = 50 \text{ ml}$

Ditanya : $m \text{ Na}_2\text{S} = \dots \text{ g?}$

Penyelesaian :

$$M = \frac{m \times 1000}{Mr \times V}$$
$$m = \frac{M \times Mr \times V}{1000 \text{ ml/L}}$$
$$= \frac{5 \frac{\text{mol}}{\text{l}} \times 78 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 50 \text{ ml}}{1000 \text{ ml/L}}$$
$$= 19,5 \text{ g}$$

6. Pembuatan Larutan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 1000 ppm

$$\text{Ppm} = \frac{\text{Ar Fe}}{\text{Mr FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}} \times \frac{\text{Mr FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}}{1 \text{ L}}$$
$$\frac{1000}{1 \text{ L}} = \frac{\text{Ar Fe}}{\text{Mr FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}} \times \frac{\text{Mr FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}}{1 \text{ L}}$$
$$1000 \text{ ppm} = 0,20142 \times \frac{\text{Mr FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}}{1 \text{ L}}$$
$$\frac{\text{Mr FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}}{1 \text{ L}} = \frac{1000 \text{ ppm}}{0,20142}$$
$$\frac{\text{Mr FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}}{1 \text{ L}} = 4,964$$

Massa $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dalam 50 ml = $\frac{4,964}{20} = 0,2482$ gram

Ditimbang 0,2482 gram $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, kemudian dilarutkan dalam labu ukur 50 ml dan diencerkan hingga tanda batas.

7. Efisiensi adsorpsi batu apung-Chi- Na_2S 5 M pada larutan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

$$\% E = \frac{\text{Co} - \text{C1}}{\text{Co}} \times 100\%$$
$$= \frac{1000 - 806,0867}{1000} \times 100\%$$
$$= 19 \%$$

$$\% E = \frac{\text{Co} - \text{C1}}{\text{Co}} \times 100\%$$
$$= \frac{1000 - 433,6767}{1000} \times 100\%$$
$$= 56 \%$$

$$\begin{aligned} \% E &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{1000 - 87,7267}{1000} \times 100\% \\ &= 91\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% E &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{1000 - 37,5517}{1000} \times 100\% \\ &= 96\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% E &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{1000 - 31,5483}{1000} \times 100\% \\ &= 97\% \end{aligned}$$

8. Kapasitas adsorpsi batu apung-Chi-Na₂S pada larutan FeSO₄.7H₂O

$$\begin{aligned} \% Q &= \frac{C_0 - C_1}{m} \times v \\ &= \frac{1000 - 806,0867}{10} \times 15 \cdot 10^{-3} \\ &= 0,0290 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% Q &= \frac{C_0 - C_1}{m} \times v \\ &= \frac{1000 - 433,6767}{10} \times 15 \cdot 10^{-3} \\ &= 0,0809 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% Q &= \frac{C_0 - C_1}{m} \times v \\ &= \frac{1000 - 87,7267}{10} \times 15 \cdot 10^{-3} \\ &= 0,1244 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% Q &= \frac{C_0 - C_1}{m} \times v \\ &= \frac{1000 - 37,5517}{10} \times 15 \cdot 10^{-3} \\ &= 0,1312 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% Q &= \frac{C_0 - C_1}{m} \times v \\ &= \frac{1000 - 31,5483}{10} \times 15 \cdot 10^{-3} = 0,1320 \text{ mg/g} \end{aligned}$$



Lampiran 2. Prosedur Kerja

1. Penyiapan Adsorben Batu Apung

Batu apung

- Dicuci
- Dikeringkan
- Dihancurkan

Batu apung

- Di ayak ukuran 100 mesh
- Dioven pada suhu 105°C
- Dimasukkan dalam desikator

adsorben batu apung

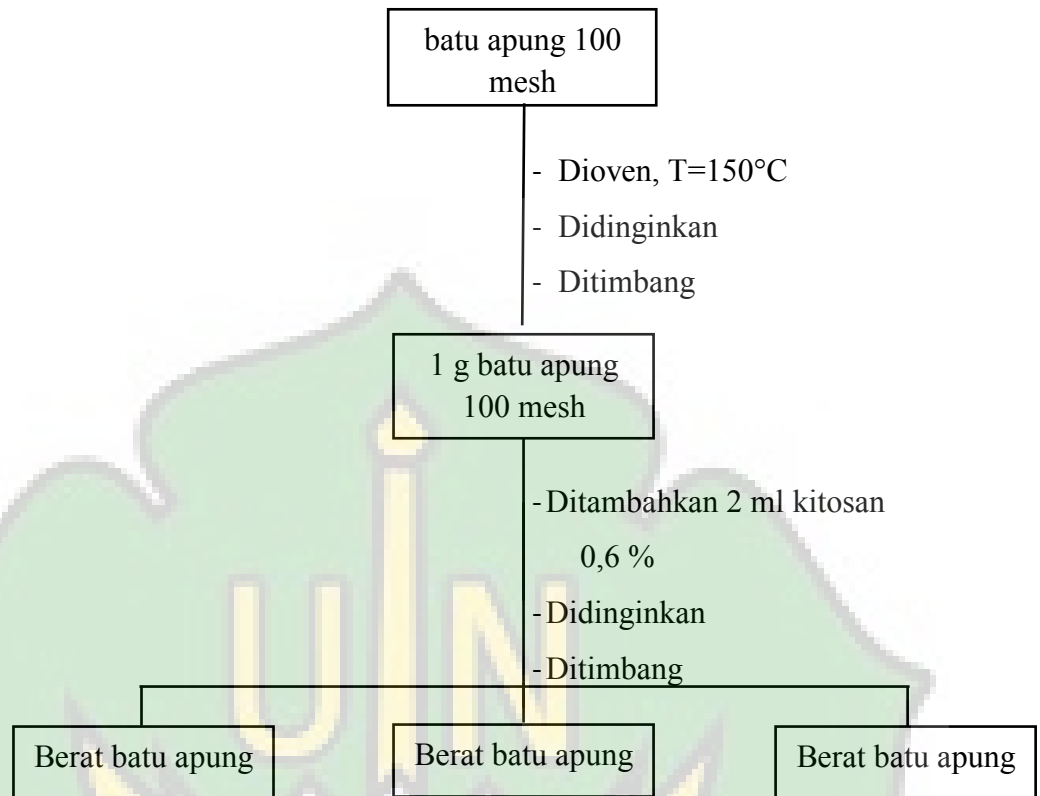
2. Pembuatan Larutan Kitosan 0,6%

1,5 g Kitosan

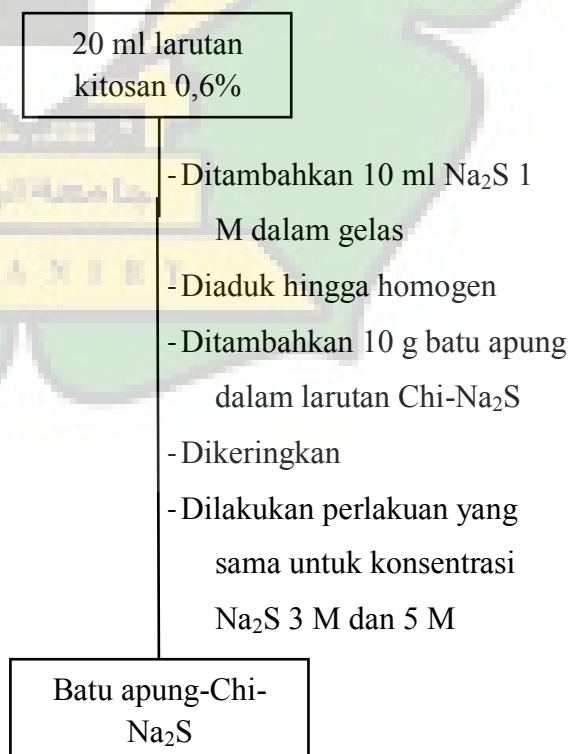
- Ditimbang
- Larutan CH₃COOH 1,5% sebanyak 250 ml
- Diaduk dengan magnetik stirrer dengan kecepatan 350 rpm sampai kitosan

10 g batu apung-Chi

3. Penentuan Berat Kitosan pada Permukaan Batu Apung



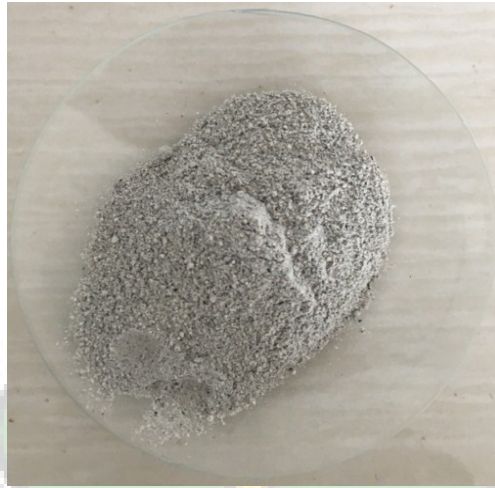
4. Modifikasi Kitosan dan Sulfida pada Batu Apung



5. Penyerapan Maksimum Logam Besi (Fe) pada kolom dengan Variasi Adsorben



Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian



Batu apung



Larutan kitosan 0,6%



Proses perendaman batu apung dengan kitosan



Larutan Chi-Na₂S 1 M



Larutan Chi-Na₂S 3 M



Larutan Chi- Na_2S 5 M



Batu apung yang telah di Modifikasi dengan Kitosan dan Na_2S 1 M



Batu apung yang telah di Modifikasi dengan Kitosan dan Na_2S 3 M



Batu apung yang telah di Modifikasi dengan Kitosan dan Na_2S 5 M



Proses adsorpsi dengan metode kolom pemisah