PEMANFAATAN LIMBAH KULIT SINGKONG SEBAGAI ADSORBAN ALAMI UNTUK MENGURANGI KADAR BESI (FE) DALAM AIR LIMBAH DENGAN SISTEM *BATCH*

TUGAS AKHIR

Disusun oleh:

DIAH ELOKA SARI
NIM: H05216010

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA

2020

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Diah Eloka Sari

NIM : H05216010

Program Studi : Teknik Lingkungan

Angkatan : 2016

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan tugas akhir saya yang berjudul: "PEMANFAATAN LIMBAH KULIT SINGKONG SEBAGAI ADSORBAN ALAMI UNTUK MENGURANGI KADAR BESI (FE) DALAM AIR LIMBAH DENGAN SISTEM BATCH". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 05 Agustus 2020

Yang Menyatakan,

METERAI TEMPEL

6000

(Diah Eloka Sari)

NIM. H05216010

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir oleh:

Nama : Diah Eloka Sari

NIM : H05216010

Judul : Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong Sebagai Adsorban Alami Untuk Mengurangi Kadar Besi (Fe) Dalam Air Limbah Dengan Sistem Batch

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 16 Juli 2020

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
(Abdul Hakim, M. T)	(Amrullah, M. Ag)
NIP. 198008062014031002	NIP. 197309032006041001

PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Tugas Akhir Diah Eloka Sari ini telah dipertahankan
di depan tim penguji tugas akhir
di Surabaya, 21 Juli 2020

Mengesahkan,
Dewan Penguji

Dosen Penguji I	Dosen Penguji II
(Abdul Hakim, M. T)	(Amrullah, M. Ag)
NIP. 198008062014031002	NIP. 197309032006041001
Dosen Penguji III	Dosen Penguji IV
(Teguh Taruna Utama, M. T)	(Sarita Oktorina, M. Kes)
NUP. 201603319	NIP. 198710052014032003

Mengetahui,
Plt. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya

(Dr. Evi Fatimatur Rusydiyah, M.Ag)
NIP. 197312272005012003

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN
Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Diah Eloka Sari
NIM : H05216010
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI/TEKNIK LINGKUNGAN
E-mail address : diaheloka@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :
■ Skripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)
yang berjudul :

PEMANFAATAN LIMBAH KULIT SINGKONG SEBAGAI ADSORBAN ALAMI UNTUK MENGURANGI KADAR BESI (FE) DALAM AIR LIMBAH DENGAN SISTEM BATCH

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Ekslusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara ***fulltext*** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 07 Agustus 2020

Penulis

(Diah Eloka Sari)

ABSTRAK

PEMANFAATAN LIMBAH KULIT SINGKONG SEBAGAI ADSORBAN ALAMI UNTUK MENGURANGI KADAR BESI (FE) DALAM AIR LIMBAH DENGAN SISTEM BATCH

Logam besi (Fe^{2+}) merupakan jenis logam berat yang ada pada air limbah. Teknologi yang bisa digunakan untuk menyisihkan logam besi (Fe^{2+}) adalah teknologi adsorpsi. Mekanisme kerja dari proses adsorpsi ini adalah logam berat yang ada pada air limbah diserap oleh adsorban di permukaannya. Pembuatan adosrban bisa menggunakan bahan baku dari limbah kulit singkong, karena kulit singkong memiliki gugus –OH, $-NH_2$, -SH, dan –CN yang dapat mengikat logam. Penelitian ini bertujuan mengetahui kemampuan adsorban kulit singkong untuk menyerap logam besi dengan sistem batch, dan mengetahui optimasi pada beberapa variasi massa adsorban, waktu kontak, serta aktivasi. Metode penelitian ini meliputi tahap preparasi adsorban, optimasi proses adsorpsi, dan pengujian kadar besi setelah proses adsorpsi. Hasil percobaan diperoleh efisiensi kemampuan adsorban non aktivasi untuk menyerap logam besi sebesar 29,38-54,66%. Sedangkan pada adsorban aktivasi tidak terjadi penyerapan logam besi, karena air hasil rendaman adsorban dengan aktivator NaOH terdapat kadar logam besi sebesar 4,2 mg/l, sehingga hasil konsentrasi besi setelah adsorpsi melebihi konsentrasi awal. Massa adsorban 5 gram dengan waktu kontak 90 menit mempunyai efisiensi penyerapan logam besi paling tinggi, dengan efisiensi yang didapatkan sebesar 54,66%.

Kata Kunci: Adsorpsi, Kulit Singkong, Besi, Aktivasi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

ABSTRACT

THE USE OF CASSAVA PEEL WASTE AS A NATURAL ADSORBAN TO REDUCE THE LEVELS OF IRON (FE) IN WASTEWATER WITH A BATCH SYSTEM

Iron metal (Fe^{2+}) is a type of heavy metal in wastewater. The technology that can be used to remove ferrous metal (Fe^{2+}) is adsorption technology. The mechanism of this adsorption process is that heavy metals in the waste water are absorbed by the adsorbent on it's surface. Making adosrban can use raw materials from cassava peel waste, because cassava peels have –OH, -NH2, -SH, and -CN groups that can bind metals. The purpose of this study to determine the ability of the cassava peel adsorbant to absorb ferrous metals using a batch system, and to determine the optimization of several variations of the adsorbent mass, contact time, and activation. This research method includes the adsorban preparation stage, optimization of the adsorption process, and testing of iron content after the adsorption process. The experimental results showed that the efficiency of the non-activated adsorbent to absorb ferrous metals was 29.38-54.66%. Whereas in the activation adsorbent there was no absorption of iron metal, because the water immersed by the adsorbent with NaOH activator contained an iron metal content of 4.2 mg/l, so the result of iron concentration after adsorption exceeded the initial concentration. The adsorbent mass of 5 gr with a contact time of 90 minutes has the highest absorption efficiency of ferrous metal, with an efficiency obtained of 54.66%.

Keywords: Adsorption, Cassava Peel, Iron, Activation

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN i

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING ii

LEMBAR PERSETUJUAN PENGESAHAN iii

KATA PENGANTAR iv

ABSTRAK v

ABSTRACT vi

DAFTAR ISI vii

DAFTAR GAMBAR ix

DAFTAR TABEL x

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 3
1.3. Tujuan 3
1.4. Ruang Lingkup Penelitian 3
1.5. Manfaat Penelitian 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5

2.1. Air Limbah 5
2.2. Logam Besi (Fe) 10
2.3. Adsorpsi 12
2.4. Kulit Singkong 19

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.5. Sistem Batch 23
2.6. ICP (*Inductively Coupled Plasma)* 24
2.7. Integrasi Keilmuan 25
2.8. Penelitian Terdahulu 26

BAB III METODE PENELITIAN 30

3.1.Kerangka Pikir Penelitian 30
3.2. Tahapan Penelitian 33
3.3. Rancangan Percobaan 35
3.4. Alat dan Bahan 36
3.5. Langkah Kerja Penelitian 36
3.6. Metode Analisis Data 39

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 41

4.1 Preparasi Kulit Singkong 41
4.2 Aktivasi Adsorban 42
4.3 Karakterisasi Adsorban 43
4.4 Pembuatan Limbah Artifisial 43
4.5 Pengujian Penyerapan Adsorban Terhadap Kadar Besi (Fe^{2+}) pada Sampel Limbah Artifisial 45
4.6 Pengaruh Perbedaan Massa Adsorban dan Waktu Kontak pada Adsorban Non Aktivasi 46
4.7 Pengaruh Perbedaan Massa Adsorban dan Waktu Kontak pada Adsorban Aktivasi 50
4.8 Mekanisme Adsorpsi 52
4.9 Pengujian Hipotesis 56
4.10Model Isoterm Adsorpsi 60

BAB V PENUTUP 63

5.1 Kesimpulan 63
5.2 Saran 63

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Adsorpsi 13
Gambar 2.2 Isoterm Freundlich 18
Gambar 2.3 Jenis Singkong Adira 1 20
Gambar 2.4 Jenis Singkong Adira 4 20
Gambar 2.5 Jenis Singkong Malang 1 21
Gambar 2.6 Jenis Singkong Malang 2 21
Gambar 2.7 Kulit Singkong 22
Gambar 2.8 Struktur Selulosa 22
Gambar 2.9 Proses Batch dengan Magnetic Stirrer 24
Gambar 2.10 ICP (*Inductively Coupled Plasma)*.....24
Gambar 3.1 Kerangka Pikir Penelitian 32
Gambar 3.2 Diagram Alir Tahapan Penelitian 34
Gambar 3.3 Tahapan Pembuatan Adsorban 37
Gambar 3.4 Tahapan Pembuatan Limbah Artifisial 38
Gambar 4.1 Proses Pencucian dan Perendaman Limbah Kulit Singkong 41
Gambar 4.2 Proses Pengovenan Limbah Kulit Singkong 42
Gambar 4.3 Perbedaan Bentuk Adsorban Sebelum dan Sesudah Aktivasi 42
Gambar 4.4 Proses Pengadukan atau Pengontakkan Limbah Artifisial dengan Adsorban Kulit Singkong 45
Gambar 4.5 Hasil Pengadukan atau Pengontakkan Limbah Artifisial dengan Adsorban Kulit Singkong 46
Gambar 4.6 Grafik Hubungan Massa Adsorban Terhadap Efisiensi Penurunan Fe pada Adsorban Non Aktivasi 48
Gambar 4.7 Grafik Hubungan Waktu Kontak Terhadap Efisiensi Penurunan Fe pada Adsorban Non Aktivasi 49
Gambar 4.8 Gaya yang Terjadi Pada Proses Adsorpsi Fe 53
Gambar 4.9 Mekanisme Adsorpsi Fe 53
Gambar 4.11 Isoterm Langmuir Non Aktivasi 59

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Baku Mutu Air Limbah 8
Tabel 3.2 Rancangan Percobaan 35
Tabel 4.1 Hasil Uji Kadar Air 43
Tabel 4.2 Data Hasil Konsentrasi Besi (Fe^{2+}) Menggunakan Adsorban Non Aktivasi 47
Tabel 4.3 Efisiensi Penyerapan Besi (Fe^{2+}) pada Variasi Massa Adsorban dan Waktu Kontak untuk Adsorban Non Aktivasi 47
Tabel 4.4 Data Hasil Pengukuran Konsentrasi Besi (Fe^{2+}) Menggunakan Adsorban Aktivasi 50
Tabel 4.5 Efisiensi Penyerapan Besi (Fe^{2+}) pada Variasi Massa Adsorban dan Waktu Kontak untuk Adsorban Aktivasi 51
Tabel 4.6 Uji Normalitas Hasil Penyerapan Fe Berdasarkan Jenis Adsorban 56
Tabel 4.7 Uji Normalitas Hasil Penyerapan Fe Berdasarkan Massa Adsorban 56
Tabel 4.8 Uji Normalitas Hasil Penyerapan Fe Berdasarkan Waktu Kontak 57
Tabel 4.9 Uji Kruskal Wallis Berdasarkan Jenis Adsorban 58
Tabel 4.10 Uji Kruskal Wallis Berdasarkan Massa Adsorban 58
Tabel 4.11 Uji Kruskal Wallis Berdasarkan Waktu Kontak 59
Tabel 4.12 Isoterm Adsorpsi (Langmuir dan Freundlich) 61

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam beberapa akhir ini, perekonomian Indonesia tumbuh secara pesat yang ditandai dengan berkembangnya kegiatan sektor industri. Perkembangan sektor industri ini dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan sekitarnya karena pembuangan limbah yang tidak didahului dengan pengolahan yang layak. Sehingga dapat mengakibatkan badan air tercemar seperti airnya berwarna hitam dan pekat serta bau yang tidak sedap. Logam berat merupakan salah satu jenis zat polutan yang terdapat pada air limbah. Tingkat konsentrasi logam berat yang terdapat di air limbah sangat besar yang dapat menimbulkan pencemaran lingkungan terutama pada badan air. Salah satu jenis logam berat yang biasanya terdapat pada air limbah dan dapat mencemari lingkungan adalah logam besi (Fe^{2+}).

Logam besi (Fe^{2+}) merupakan logam essensial yang keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, akan tetapi dalam jumlah berlebih dapat menimbulkan efek racun. Logam besi biasanya digunakan oleh industri kimia yang menghasilkan limbah seperti limbah *elektroplating* dan limbah pestisida (Karim dkk, 2017). Sebagaimana yang telah dijelaskan dalam Al-Qur'an surat Ar-Rum ayat 41.

ظَهَرَ ٱلْفَسَادُ فِى ٱلْبَرِّ وَٱلْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِى ٱلنَّاسِ لِيُذِيقَهُم بَعْضَ ٱلَّذِى عَمِلُوا۟ لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya: *"Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)"*.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Ayat di atas memberi petunjuk bahwa alam ini diciptakan oleh Allah supaya bisa dimanfaatkan secara baik oleh manusia dan makhluk hidup lainnya. Pemanfaatan alam dalam rangka pemenuhan kebutuhan haruslah disertai dengan tanggung jawab yang besar. Pelestarian alam merupakan salah satu upaya untuk melestarikan dan mencegah terjadinya kerusakan alam.

Seharusnya manusia harus melestarikan alam dengan cara mengolah air limbah yang dibuang. Teknologi yang bisa digunakan untuk menyisihkan logam berat pada air limbah seperti logam besi, diantaranya teknologi membran, adsorpsi, pertukaran ion, dan presipitasi. Adsorpsi adalah proses pengolahan air limbah yang efektif, ekonomis, tidak menimbulkan efek toksik, dan sering digunakan untuk menghilangkan logam berat, karena pada prinsipnya adsorpsi ini menyerap logam berat di permukaan oleh suatu adsorban. Bahan baku yang bisa digunakan sebagai adsorban untuk mengadsorsi logam berat adalah kulit singkong. Kulit singkong cenderung dibiarkan oleh masyarakat sebagai limbah, hal ini dikarenakan kurangnya informasi tentang manfaat dari kulit singkong. Kulit singkong memiliki kandungan protein, selulosa non-reduksi, dan kadar HCN (asam sianida). Dari komponen tersebut, terdapat gugus fungsi –OH, -NH_2, -SH, dan –CN yang dapat mengikat logam. Sehingga adsorpsi menggunakan kulit singkong diharapkan dapat membantu dalam penurunan kandungan besi (Fe^{2+}) pada air limbah.

Penelitian sebelumnya mengenai adsorpsi ion besi (Fe^{2+}) menggunakan adsorban dari kulit singkong juga pernah dilakukan oleh Rohani dkk (2017). Penelitiannya menggunakan kulit singkong, kulit ubi jalar, kulit pisang, dan kulit jeruk untuk menurunkan kadar besi dan mangan pada air lindi TPA. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kemampuan penyerapan adsorban dari kulit singkong lebih baik pada saat menyerap logam Fe^{2+} sebesar 56,54%. Sedangkan untuk penyerapan mangan, persentase penyerapan tertinggi terjadi pada adsorban kulit pisang sebesar 14,41%. Oleh sebab itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

kemampuan adsorpsi logam besi (Fe^{2+}) pada air limbah menggunakan adsorban dari limbah kulit singkong menggunakan sistem batch, dan mengetahui perbedaan kemampuan adsorpsi pada variasi massa adsorban, waktu kontak, dan aktivasi.

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang tersebut, permasalahan yang dapat dirumuskan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kemampuan adsorban dari limbah kulit singkong terhadap penurunan kadar besi (Fe^{2+}) pada air limbah menggunakan sistem *batch*?
2. Bagaimana optimasi parameter adsorpsi kadar besi (Fe^{2+}) oleh limbah kulit singkong pada *reactor batch* (waktu kontak, massa adsorban, dan aktivasi)?

1.3. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini meliputi:

1. Untuk mengetahui kemampuan adsorban dari limbah kulit singkong terhadap penurunan kadar besi (Fe^{2+}) pada air limbah menggunakan sistem *batch*.
2. Untuk mengetahui optimasi parameter adsorpsi kadar besi (Fe^{2+}) oleh limbah kulit singkong pada *reactor batch* (waktu kontak, massa adsorban, dan aktivasi).

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dari penelitian ini diantaranya adalah:

1. Penelitian ini dilakukan di laboratorium.
2. Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan adsorban adalah limbah kulit singkong.
3. Percobaan ini dilakukan secara *batch* untuk menurunkan kadar besi pada air limbah.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4. Variasi yang dilakukan adalah:
   a. Massa adsorban terhadap kecepatan penyisihan kadar besi (Fe^{2+}).
   b. Waktu kontak yang dibutuhkan adsorban untuk menyisihkan kadar besi (Fe^{2+}).
   c. Aktivasi NaOH 2% dan non aktivasi.

1.5. Manfaaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Bisa memanfaatkan limbah kulit singkong menjadi adsorban untuk mengadsorsi kadar besi (Fe^{2+}).
2. Bisa menerapkan dan memahami metode adsorpsi menggunakan sistem *batch*.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Air Limbah

Air limbah merupakan sisa buangan dari suatu usaha atau kegiatan yang berwujud cair, yang mengandung bahan-bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan kesehatan manusia serta mengganggu kelestarian lingkungan hidup. Air limbah dapat berasal dari berbagai sumber, antara lain (Kencanawati, 2016):

1. Limbah Cair Domestik

   Merupakan limbah buangan baik dari rumah warga, bangunan perkantoran, dan sarana sejenisnya. Sebagian besar air limbah ini mengandung bahan organik, sehingga pengelolaannya lebih mudah.

2. Limbah Cair Industri

   Merupakan limbah hasil buangan dari suatu kegiatan/usaha yang dapat merusak lingkungan karena tidak mempunyai nilai ekonomis sehingga cenderung untuk dibuang. Limbah industri lebih sulit dalam pengolahannya karena mengandung pelarut mineral, logam berat, dan zat-zat organik lain yang bersifat toksik, seperti air limbah dari pabrik baja, pabrik cat, dan pabrik tinta.

Dalam menentukan karakteristik limbah cair, maka ada 3 jenis sifat yang harus diketahui, yakni (Kencanawati, 2016):

1. Sifat Fisik

   Sifat fisik pada limbah cair ditentukan berdasarkan jumlah padatan terlarut, kekeruhan, bau, temperatur, dan warna. Sifat fisik ini dapat dilihat secara visual, dan untuk mengetahui secara pasti maka digunakan analisis laboratorium.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

a. Padatan

Zat padat pada air limbah secara umum diklasifikasikan ke dalam 2 golongan, yakni padatan terlarut dan padatan tersuspensi. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel koloid dan partikel biasa.

b. Kekeruhan

Sifat keruh air limbah dapat dilihat dengan mata secara langsung karena ada partikel koloid yang terdiri dari tanah liat, sisa bahan-bahan, protein dan ganggang yang terdapat di dalam air limbah.

c. Bau

Sifat bau pada air limbah disebabkan oleh zat-zat organik yang telah terurai dalam air limbah, sehingga mengeluarkan gas-gas seperti sulfide atau amoniak, yang menimbulkan bau yang tidak sedap. Timbulnya bau yang diakibatkan oleh limbah merupakan suatu indikator bahwa telah terjadi proses alamiah.

d. Temperatur

Air limbah yang mempunyai temperatur tinggi akan mengganggu pertumbuhan biota tertentu.

e. Warna

Warna disebabkan karena adanya ion-ion logam besi dan mangan, humus, dan plankton, seperti warna pada kekeruhan, yang disebabkan oleh zat-zat terlarut dan zat tersuspensi.

2. Sifat Kimia

Karakteristik kimia pada air limbah ditentukan oleh BOD, COD, dan logam-logam berat yang terkandung dalam air limbah.

a. BOD

BOD dalam air limbah didasarkan atas reaksi oksidasi zat-zat organik dengan oksigen dalam air, dimana proses tersebut dapat berlangsung karena ada sejumlah bakteri.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

b. COD

Pengukuran ini menekankan pada kebutuhan oksigen akan kimia, dimana senyawa-seyawa yang diukur adalah bahan-bahan yang tidak dipecah secara biokimia. Adanya racun atau logam tertentu dalam limbah, dapat menghambat pertumbuhan bakteri dan pengukuran BOD menjadi tidak realistis, sehingga untuk mengatasinya lebih tepat menggunakan analisa COD.

c. Methan

Gas methan terbentuk dari penguraian zat-zat organik dalam kondisi anaerob. Gas ini menghasilkan lumpur, dan mempunyai ciri-ciri tidak berdebu, tidak berwarna, serta mudah terbakar.

d. Keasaman Air

Keasaman air diukur menggunakan pH meter. Limbah air dengan keasaman tinggi bersumber dari buangan yang mengandung asam seperti air pembilas pada pabrik pembuatan kawat atau seng.

e. Alkalinitas

Tinggi rendahnya alkalinitas pada air limbah ditentukan dari senyawa karbonat, garam-garam hidroksida, magnesium, dan natrium dalam air limbah. Tingginya kandungan tersebut, dapat mengakibatkan kesadahan pada air limbah.

f. Lemak dan Minyak

Kandungan lemak dan minyak yang terdapat pada air limbah bersumber dari industri yang mengolah bahan baku yang mengandung minyak, yang bersumber dari proses perebusan. Limbah ini membuat lapisan pada permukaan air sehingga membentuk selaput.

g. Oksigen Terlarut

Semakin tinggi kadar BOD, maka semakin rendah oksigen yang terlarut. Keadaan oksigen terlarut dalam air juga merupakan tanda kehidupan biota dalam perairan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

h. Logam Berat dan Beracun

Logam berat diantaranya seperti cadmium, chromium, iron dan nikel. Logam-logam ini dalam konsentrasi tertentu dapat membahayakan makhluk hidup.

3. Sifat Biologis

Terdiri dari berbagai macam senyawa, salah satunya protein. Protein merupakan salah satu senyawa kimia organik yang membentuk rantai kompleks, dan mudah terurai menjadi asam amino.

Kualitas air limbah diuji berdasarkan parameter yang sudah ditentukan oleh baku mutu pemerintah. Penetapan baku mutu air limbah digunakan untuk mencegah terjadinya pencemaran air. Berikut ini merupakan batas baku mutu air limbah yang sudah ditetapkan berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah bagi industri dan/atau kegiatan usaha lainnya:

Tabel 2.1Baku Mutu Air Limbah Industri Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014

Parameter	**Satuan**	**Golongan**	
		I	**II**
Temperatur	^{o}C	38	40
Zat padat terlarut (TDS)	Mg/L	2.000	4.000
Zat padat suspensi (TSS)	Mg/L	200	400
pH	-	6,0-9,0	6,0-9,0
Besi (Fe)	Mg/L	5	10
Mangan (Mn)	Mg/L	2	5
Barium (Ba)	Mg/L	2	3
Tembaga (Cu)	Mg/L	2	3
Seng (Zn)	Mg/L	5	10
Krom Heksavalen (Cr^{6+})	Mg/L	0,1	0,5

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Parameter	**Satuan**	**Golongan**	
		I	**II**
Krom Total (Cr)	Mg/L	0,5	1
Cadmium (Cd)	Mg/L	0,05	0,1
Air Raksa (Hg)	Mg/L	0,002	0,005
Timbal (Pb)	Mg/L	0,1	1
Stanum (Sn)	Mg/L	2	3
Parameter	Satuan	Golongan	
		I	II
Arsen (As)	Mg/L	0,1	0,5
Selenium (Se)	Mg/L	0,05	0,5
Nikel (Ni)	Mg/L	0,2	0,5
Kobalt (Co)	Mg/L	0,4	0,6
Sianida (CN)	Mg/L	0,05	0,5
Sulfida (H_2S)	Mg/L	0,5	1
Fluorida (F)	Mg/L	2	3
Klorin Bebas (Cl_2)	Mg/L	1	2
Amonia-Nitrogen (NH_3-N)	Mg/L	5	10
Nitrat (NO_3-N)	Mg/L	20	30
Nitrit (NO_2-N)	Mg/L	1	3
Total Nitrogen	Mg/L	30	60
BOD_5	Mg/L	50	150
COD	Mg/L	100	300
Senyawa Aktif Biru Metilen	Mg/L	5	10
Fenol	Mg/L	0,5	1
Minyak dan Lemak	Mg/L	10	20
Total Bakteri Koliform	MPN/100 ml	10.000	

(Sumber : *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah bagi industri dan/atau kegiatan usaha lainnya*)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pembuangan air limbah menjadi masalah luar biasa bagi lingkungan hidup, karena air sungai yang tercemar dapat menyebabkan air tersebut tidak dapat digunakan lagi sebagai air minum atau kebutuhan lain. Sebagaimana yang telah dijelaskan dalam Al-Qur'an surat An-Nahl ayat 90:

إِنَّ ٱللَّهَ يَأْمُرُ بِٱلْعَدْلِ وَٱلْإِحْسَٰنِ وَإِيتَآئِ ذِى ٱلْقُرْبَىٰ وَيَنْهَىٰ عَنِ ٱلْفَحْشَآءِ وَٱلْمُنكَرِ وَٱلْبَغْىِ ۚ يَعِظُكُمْ لَعَلَّكُمْ تَذَكَّرُونَ

"*Sesungguhnya Allah menyuruh (kamu) berlaku adil dan berbuat kebajikan, memberi kepada kaum kerabat, dan Allah melarang dari perbuatan keji, kemungkaran dan permusuhan. Dia memberi pengajaran kepadamu agar kamu dapat mengambil pelajaran".*

Dalam ayat tersebut menjelaskan bahwa Allah menciptakan alam ini dengan penuh perhitungan dan berguna, sehingga manusia sebagai khalifah wajib untuk mempertahankan serta memelihara alam ini. Oleh sebab itu, manusia diperintahkan untuk menjaga alam ini, karena dengan membuat kerusakan di alam ini, maka pada dasarnya telah membuat sakit Tuhan sebagai pencipta alam raya ini.

2.2 Logam Besi (Fe)

Besi (Fe) adalah logam transisi yang memiliki nomor atom 26, dengan bilangan oksidasi +3 dan +2. Penggunaan Fe dengan dosis yang tinggi akan bersifat toksik, sehingga bisa mengakibatkan kerusakan selular akibat radikal bebas. Selain itu, ion Fe juga dapat menyebabkan kekeruhan, dan korosi pada alat plumbing. Ion ini biasanya berasal dari limbah pabrik kimia, listrik, dan elektronik (Karim dkk, 2017). Pada pembuangan limbah industri, kandungan logam besi dapat berasal dari proses korosi dari pipa – pipa pembuangan limbah sebagai hasil dari elektrokimia yang terjadi pada perubahan air yang mengandung padatan larut yang mempunyai sifat menghantarkan listrik sehingga proses tersebut mempercepat terjadinya proses korosi (Sumaryono dkk, 2018). Mengkonsumsi Fe dalam dosis tinggi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

bisa menyebabkan toksisitas, dan kematian pada anak-anak yang berusia kurang dari 6 tahun. Toksisitas ditandai dengan gejala muntah disertai dengan darah. Kadar besi yang dibutuhkan dalam tubuh untuk anak-anak sebesar 0,70 mg/hari, sedangkan untuk orang dewasa berkisar antara 1,17-2,02 mg/hari. Selain itu, juga terjadi ulkerasi alat pencernaan, yang diikuti gejala shock dan asidosis, kerusakan hati, gagal ginjal, dan serosis hati.

Besi di alam berbentuk senyawa, misalnya pada mineral hematite (Fe_2O_3), magnetit (Fe_2O_4), pirit (FeS_2), siderite ($FeCO_3$), dan limonit ($2Fe_2O_3.3H_2O$). Penggunaan besi mempunyai beberapa keuntungan diantaranya kelimpahan besi di kulit bumi cukup besar, pengolahannya relatif lebih mudah dan murah, dan mudah dimodifikasi. Besi murni mempunyai sifat agak lunak dan kenyal. Dalam industri besi selalu dipadukan dengan baja. Baja terbuat dari berbagai macam paduan logam besi tuang dan ditambahkan unsur-unsur lain seperti Mn, Ni, V, atau W tergantung keperluannya. Berikut beberapa sifat fisik dan kimia dari besi (Fe):

Lambang	: Fe
No. Atom	: 26
Golongan, periode	: 8,4
Bentuk	: Metalik mengkilap keabu-abuan
Massa atom	: 55,854 (2) g/mol
Konfigurasi elektron	: [Ar] $3d^6 4s^2$
Fase	: padat
Massa jenis (suhu kamar)	: 7,86 g/cm^3
Titik lebur	: 1811 ^0K (1538 ^0C, 2800 ^0F)
Titik didih	: 3134 ^0K (2861 ^0C, 5182 ^0F)
Kapasitas kalor	: (25 ^0C) 25,10 J/(mol K)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Seperti yang djelaskan dalam Al-Qur'an surat Al-Fathir ayat 27:

أَلَمْ تَرَ أَنَّ ٱللَّهَ أَنزَلَ مِنَ ٱلسَّمَآءِ مَآءً فَأَخْرَجْنَا بِهِۦ ثَمَرَٰتٍ مُّخْتَلِفًا أَلْوَٰنُهَا ۚ وَمِنَ ٱلْجِبَالِ جُدَدٌۢ بِيضٌ وَحُمْرٌ مُّخْتَلِفٌ أَلْوَٰنُهَا وَغَرَابِيبُ سُودٌ

"*Tidaklah kamu melihat bahwasannya Allah menurunkan hujan dari langit lalu Kami hasilkan dengan hujan itu buah-buahan yang beraneka ragam macam jenisnya (warnanya). Dan di antara gunung-gunung itu ada garis-garis putih dan merah yang beraneka macam warnanya dan ada (pula) yang hitam pekat "*.

Ayat di atas memberi petunjuk bahwa sebab dari terbentuknya gunung yang berwarna putih atau merah adalah air, dan ini adalah isyarat bahwa air mempunyai pengaruh dalam reaksi kimia yang menyebabkan warna pada bebatuan dan tambang.

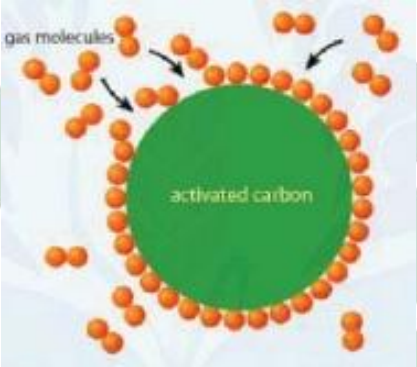
2.3 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan peristiwa penyerapan logam dari suatu komponen campuran gas/cair dimana logam tersebut akan dipisahkan ditarik oleh permukaan adsorban. Sedangkan daya adsorpsi adalah ukuran kemampuan suatu adsorban untuk menarik sejumlah adsorbat, yang tergantung pada luas permukaan adsorban. Makin besar luas permukaan adsorban, maka daya adsorpsinya akan semakin kuat. Adsorban sendiri adalah zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida (Widayatno dkk, 2017). Adsorpsi pada adsorban terjadi karena adanya dinding berpori untuk mengikat sorbat. Adsorbat yang terlepas akan mencari posisi pori yang kosong atau yang belum terisi sampai tercapai kondisi kesetimbangan.

Adsorpsi pada umumnya menggunakan karbon aktif. Namun dari segi harga, karbon aktif termasuk mahal. Selain itu, efektivitas pemisahan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

logam beratnya tidak terlalu tinggi dan tidak bisa diregenerasi (Rafly, 2016). Alternatif adsorban lain yang dapat digunakan adalah adsorban berbasis biomaterial, yaitu adsorban yang berasal dari bagian tumbuhan. Adsorban jenis ini disebut dengan biosorben, dan berpotensial untuk dimanfaatkan dalam pengolahan limbah yang ramah lingkungan dan berbiaya rendah (Mulyawan dkk, 2015).



Gambar 2.1 Proses Adsorpsi

Sumber: (Putri dkk, 2017)

Ada 2 jenis adsorpsi berdasarkan penyerapannya yaitu (Karim dkk, 2017):

a. Adsorpsi fisika

Jenis adsorpsi ini berlangsung secara cepat dengan penyerapan kalor kecil, interaksi ini menghasilkan gaya van der walls dan terjadi pada semua proses adsorpsi, dan berlangsung pada temperatur rendah. Gaya van der walls ini memiliki kelemahan yakni ikatan reaksinya sangat lemah, akan tetapi masih bisa mengadsorpsi senyawa organik dan bersifat aditif. Gaya ini adsorpsinya akan kuat apabila bekerja secara bersamaan dalam sekelompok ion atau molekul. Reaksi kesetimbangan dinamis dapat terjadi apabila reaksi yang terjadi merupakan reaksi bolak balik, dan ditulis dengan dua anak panah yang berlawanan. Jika reaksi berlangsung dari dua arah, maka zat hasil reaksi dapat dikembalikan seperti zat mula-mula. Reaksi tidak pernah berhenti karena komponen zat

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

tidak pernah habis. Energi adsorpsi yang dilepaskan atau diperlukan tidak terlalu tinggi yakni berkisar antara 5-20 kJ/mol.

b. Adsorpsi kimia

Reaksi ini terjadi karena membutuhkan energi aktivasi. Kalor penyerapan tinggi karena reaksi-reaksi yang terjadi membentuk reaksi kimia. Waktu penyerapan pada adsorpsi kimia lebih lama daripada adsorpsi fisika dan sulit untuk diregenerasi. Contoh ikatan kimia yang menyebabkan proses kimia adalah ikatan kovalen dan ikatan hidrogen. Adsorpsi yang disebabkan oleh gaya kimia mempunyai ikatan yang lebih kuat daripada adsorpsi dengan gaya fisika. Pada peristiwa reaksi satu arah, zat-zat hasil reaksi tidak dapat bereaksi kembali membentuk zat pereaksi. Reaksi berlangsung satu arah dari kiri ke kanan. Zat hasil reaksi tidak dapat dikembalikan seperti zat semula, dan reaksi baru berhenti apabila salah satu atau semua reaktan habis. Energi adsorpsi yang dilepas berkisar antara 100-400 kJ/mol.

Adsorpsi tergantung pada sifat zat padat yang mengadsorpsi, sifat atom/molekul yang diserap, konsentrasi, dan temperatur. Pada proses adsorpsi terbagi menjadi 4 tahap yaitu (Karim dkk, 2017):

1. Transfer molekul-molekul zat terlarut yang teradsorpsi menuju lapisan film yang mengelilingi adsorban.
2. Difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui lapisan film.
3. Difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui kapiler/pori dalam adsorban.
4. Adsorpsi zat terlarut yang teradsorpsi pada dinding pori atau permukaan adsorban.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Proses adsorpsi dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu (Karim dkk, 2017):

1. Proses adsorpsi yang dilakukan dengan sistem pengadukan. Dibubuhkan adsorban yang berbentuk serbuk ke dalam air, lalu dicampur dan diaduk, sehingga terjadi penolakan antara partikel penyerap dengan fluida.
2. Proses adsorpsi dalam suatu bejana dengan sistem filtrasi, dimana bejana tersebut berisi media penyerap yang kemudian dialirkan air ke dalam bejana tersebut secara gravitasi.

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi proses adsorpsi, diantaranya (Sawyer et al, 2003 dalam Ratnaningrum, 2011):

1. *Pre-treatment* pada adsorban

   Modifikasi komponen kimia dan temperatur pada adsorban dapat mempengaruhi kemampuan proses adsorpsi. Misalnya penggunaan karbon aktif bisa memperbesar luas area permukaan adsorban, atau dengan menukar gugus fungsi kation yang bisa meningkatkan kapasitas adsorpsi sampai 30%.
2. Temperatur

   Hubungan antara temperatur dengan proses adsorpsi sangat bergantung pada jenis proses penyerapannya. Apabila berjalan secara endoterm, maka penyisihan logam akan meningkat seiring dengan bertambahnya suhu. Namun sebaliknya, apabila adsorpsi berjalan secara eksoterm, maka penyisihan logam berat akan menurun dengan bertambahnya suhu.
3. pH

   PH merupakan faktor yang sangat mempengaruhi kemampuan adsorpsi. Pada pH yang tinggi, kandungan logam dalam larutan akan terendapkan, karena ion logam dalam larutan berada dalam bentuk senyawa kompleks dan hiroksida anion. Untuk mengefektifkan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

pertukaran kation sebagai *pre treatment* pada proses presipitasi, maka disarankan penurunan pH menjadi kondisi normal atau asam.

4. Partikulat

   Proses filtrasi diperlukan sebelum memasuki reaktor adsorpsi agar tidak terjadi *clogging* karena keberadaan partikulat tersebut.

Adsorpsi selalu berhubungan dengan isoterm adsorpsi. Berikut beberapa kegunaan dari isoterm adsorpsi (Sawyer et al, 2003 dalam Ratnaningrum, 2011):

a. Menentukan kelayakan adsorpsi dan adsorban tertentu
b. Menentukan afinitas relatif adsorban
c. Menentukan sensifitas perubahan konsentrasi adsorbat pada garis isoterm
d. Menentukan efek pH, temperatur, ion kompetitif, dan lain-lain pada kapasitas adsorpsi

Apabila penghilangan adsorbat lebih rendah dari hasil uji isoterm, maka kemungkinan dapat disebabkan oleh (Sawyer et al, 2003 dalam Ratnaningrum, 2011):

a. Pengujian isoterm yang belum mencapai kesetimbangannya
b. Interpretasi isoterm yang tidak tepat
c. Adanya kesalahan dalam menganalisa
d. Kesalahan operasi
e. Adanya bakteri yang dapat menghilangkan sebagian adsorban

Tipe isoterm adsorpsi dapat digunakan untuk mempelajari mekanisme adsorpsi. Adsorpsi fase cair-padat pada umumnya mengikuti tipe isoterm Freundlich dan langmuir.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

1. Isoterm Adsorpsi Freundlich

Isoterm ini menjelaskan *y* adalah berat zat terlarut per gram adsorban, sedangkan *c* adalah konsentrasi zat terlarut dalam larutan. Dari konsep tersebut dapat diturunkan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{x}{m} = kc^{\frac{1}{n}}$$

$$\log \frac{x}{m} = \log k + \frac{1}{n} \log c$$ ..... (Rumus 2.1)

Keterangan:

xm = berat zat yang diadsorpsi
m = berat adsorban
c = konsentrasi zat
k = konstanta freundlich
1/n = konstanta dengan nilai lebih kecil dari 1 menunjukkan proses adsorpsi berlangsung

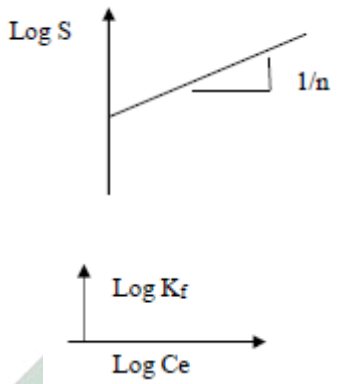
Nilai x/m secara teoretis dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\frac{x}{m} = \frac{((Co - Ce)\ x\ V)}{m}$$ ..... (Rumus 2.2)

x/m = konsentrasi adsorbat pada media (mg/g)
Co = konsentrasi awal adsorbat (mg/L)
Ce = konsentrasi adsorbat akhir (mg/L)
V = volume kerja (L)
m = jumlah adsorbat yang diserap oleh adsorban (g)

Pada isoterm Freundlich, adsorpsi terjadi secara multilayer pada permukaan adsorban, dan adsorpsi akan bertambah dengan bertambahnya konsentrasi. Sehingga persamaan isoterm Freundlich memberikan korelasi yang memuaskan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 2.2 Isoterm Freundlich

Sumber: (Sawyer et al, 2003 dalam Ratnaningrum, 2011)

2. Isoterm Adsorpsi Langmuir

Isoterm Langmuir merupakan adsorpsi yang berlangsung secara kimisorpsi satu lapisan. Adsorpsi satu lapisan terjadi karena empat ikatan kimia yang bersifat spesifik, sehingga permukaan adsorban dapat mengikat adsorbat dengan ikatan kimia. Persamaan isoterm Langmuir dapat diturunkan secara teoritis dengan menganggap terjadinya kesetimbangan antara molekul zat yang diadsorpsi dengan molekul zat yang tidak teradsorpsi, sebagai berikut:

$$W = \frac{\alpha \,.\, \beta \,.\, c}{1 + \beta \,.\, c}$$ ..... (Rumus 2.3)

Konstanta α dan β dapat ditemukan dari kurva hubungan $\frac{Ce}{W}$ terhadap c dengan persamaan:

$$\frac{C}{W} = \frac{1}{\alpha\beta} + \frac{1}{a} \,.\, C$$ ..... (Rumus 2.4)

Keterangan:

W = massa adsorbat yang terserap per gram adsorban

c = konsentrasi larutan setelah adsorpsi (ppm)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

$\alpha\beta$ = konstanta empiris

Persamaan Langmuir berlaku untuk adsorpsi lapisan tunggal (*mono layer*) pada permukaan zat yang homogen. Persamaan langmuir dapat diturunkan secara teoretis dengan menganggap terjadinya suatu kesetimbangan antara molekul yang diadsorpsi dengan molekul yang bebas.

Sebagaimana yang telah dijelaskan dalam surat At-Tin ayat 4:

لَقَدْ خَلَقْنَا الْإِنْسَانَ فِي أَحْسَنِ تَقْوِيمٍ

"Sesungguhnya Kami telah menciptakan manusia dalam bentuk yang sebaik-baiknya".

Allah memberikan akal kepada manusia untuk membedakan manusia dari makhluk lainnya. Sehingga Allah memerintahkan manusia untuk berpikir hal-hal yang berkaitan dengan kehidupan di dunia tentang pengolahan limbah.

2.4 Kulit Singkong

Singkong (*Manihot utillisima*) merupakan makanan pokok yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Tanaman ini hidup di daerah tropis dan dapat tumbuh sepanjang tahun. Berikut beberapa jenis singkong (Putri dkk, 2017):

1. Adira 1

   Merupakan hasil persilangan antara varietas Mangi dan Ambon, dengan ciri-ciri tinggi batang 1-2 cm. Untuk batang muda berwarna hijau muda dan batang tua berwarna coklat kekuningan. Warna kulit luar coklat dan bagian umbi berwarna kuning, rasanya manis biasanya digunakan untuk jajanan tradisional. Kadar pati lebih 20% dan memiliki kadar HCN 27,5 mg/kg singkong.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 2.3 Varietas Singkong Adira 1

Sumber: (Putri dkk, 2017)

2. Adira 4

Merupakan hasil pemulian varietas muara dari Bogor, Jawa barat. Tinggi tanaman 1,5-2 m dan tidak bercabang. Daging umbi berwarna putih, rasanya pahit, dan berkadar pati lebih dari 20%. Kadar HCN sekitar 68 mg/kg singkong.

Gambar 2.4 Varietas Singkong Adira 4

Sumber: (Putri dkk, 2017)

3. Malang 1

Mempunyai ciri-ciri tinggi batang 2 meter dan batang berwarna hijau tua. Warna kulit luar coklat muda keputih-putihan, dan bagian dalam umbi berwarna putih kekuning-kuningan. Kadar HCN 40 mg/kg singkong, dan memiliki kadar pati sebesar lebih 41%.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 2.5 Varietas Singkong Malang 1

Sumber: (Putri dkk, 2017)

4. Malang 2

Mempunyai ciri-ciri tinggi batang 2 meter dan warna batang coklat kemerahan. Warna kulit luar coklat dan bagian dalam umbi berwarna putih pucat serta rasanya tidak pahit. Kadar pati sebesar 32-36%.

Gambar 2.6 Varietas Singkong Malang 2

Sumber: (Putri dkk, 2017)

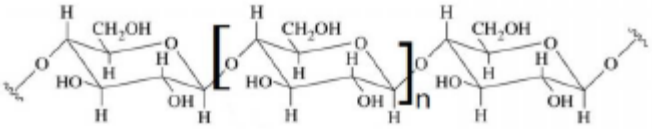
Komponen kimia dan zat gizi yang terdapat pada kulit singkong terdiri dari protein 8,11 gram, serat kasar 15,2 gram, pektin 0,22 gram, lemak 1,29 gram, dan kalsium 0,63 gram. Selain itu, limbah singkong ini juga mengandung unsur karbon yang cukup tinggi yakni sebesar 59,31% (Putri dkk, 2017).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 2.7 Kulit Singkong

Sumber: (Putri dkk, 2017)

Kulit singkong mengandung selulosa non reduksi yang sangat efektif untuk mengikat ion logam. Selulosa merupakan komponen utama pada tumbuhan, yang ditemukan di dalam dinding sel buah-buahan dan sayur-sayuran seperti kayu, dahan, dan daun. Selulosa tidak dapat dicerna oleh manusia (Maulinda dkk, 2015). Kulit singkong dijadikan sebagai biosorben karena mengandung lignoselulosa yang berpotensi untuk mengadsorpsi limbah kationik. Lignoselulosa adalah sebutan umum untuk bahan yang terdiri atas hemiselulosa, selulosa dan lignin. Gugus fungsional utama pada permukaan material lignoselulosa adalah hidroksil, aldehid, karboksilat, dan gugus siano. Oleh karena itu, bahan lignoselulosa merupakan salah satu biosorben yang paling sering dimanfaatkan karena ketersediaannya yang cukup besar dan murah (Irawati dkk, 2018).



Gambar 2.8 Struktur Selulosa

Sumber: (Maulinda dkk, 2015)

Pemanfaatan limbah kulit singkong menjadi barang yang lebih berguna sebagai adsorban merupakan salah satu upaya mendaur ulang limbah. Pemanfaatn limbah kulit singkong sebagai adsorban akan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

mengurangi pencemaran lingkungan dan menambah nilai ekonomis. Hal ini merupakan salah satu kebesaran Allah karena memberikan akal pada manusia untuk memikirkan hikmah-hikmah dibalik ciptaan-Nya, sehingga mereka dapat mengambil manfaat dari apa yang disimpan di dalam perut bumi maupun yang tampak pada permukaannya. Seperti yang telah dijelaskan dalam Al-Qur'an surat Ar-Ra'd ayat 3:

وَهُوَ ٱلَّذِى مَدَّ ٱلْأَرْضَ وَجَعَلَ فِيهَا رَوَٰسِىَ وَأَنْهَٰرًا ۖ وَمِن كُلِّ ٱلثَّمَرَٰتِ جَعَلَ فِيهَا
زَوْجَيْنِ ٱثْنَيْنِ ۖ يُغْشِى ٱلَّيْلَ ٱلنَّهَارَ ۚ إِنَّ فِى ذَٰلِكَ لَءَايَٰتٍ لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ

"Dan Dia-lah Tuhan yang membentangkan bumi dan menjadikan gunung-gunung dan sungai-sungai padanya, dan menjadikan padanya semua buah-buahan berpasang-pasangan, Allah menutupkan malam kepada siang. Sesungguhnya pada yang demikian itu terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang memikirkan"

Semua yang diciptakan oleh Allah pasti ada gunanya, tinggal manusia yang mempunyai akal untuk memikirkan bagaimana memanfaatkan apa yang diciptakan oleh Allah.

2.5. Adsorpsi Sistem Batch

Metode ini bertujuan untuk mempelajari kondisi optimum, baik itu konsentrasi, pH, dan kekuatan, dari adosrben yang akan digunakan untuk proses penyerapan ion besi (Fe). Pada proses batch ini, hasilnya dapat ditampilkan dengan menggunakan kurva adsorpsi *isotherm*. Proses batch ini dilakukan dengan cara mencampurkan adsorban dengan larutan, serta dilakukan pengadukan agar terjadi kontak secara merata (Hutauruk, 2018).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 2.9 Proses Batch dengan Magnetic Stirrer

Sumber: (Karim dkk, 2017)

2.6. ICP (*Inductively Coupled Plasma*)

Merupakan alat yang digunakan untuk mengukur kandungan logam dalam sampel dengan menggunakan plasma sebagai energinya. Prinsip utama dari ICP adalah pengoptimasian elemen sehingga memancarkan cahaya dengan panjang tertentu yang kemudian dapat diukur. Komponen dari alat ukur ICP meliputi sampel *introduction system, spray chamber, electric generator optical system, signal processing system, dan spectraling.* Untuk mendapatkan hasil akurat maka perlu mengkalibrasinya terlebih dahulu. Berikut gambar dari instrumen ICP:

Gambar 2.10 Instrumen ICP

Sumber: (Nurventi, 2019)

Perangkat keras ICP dirancang untuk menghasilkan plasma, yang merupakan gas dimana terdapat atom dalam keadaan terionisasi. Sebuah ICP mensyaratkan bahwa unsur-unsur yang harus dianalisis dalam bentuk

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

larutan. Untuk larutan organik, memerlukan perlakuan khusus sebelum diinjeksi ke dalam ICP. Sampel padat juga tidak diperbolehkan karena dapat terjadi penyumbatan pada instrumentasi (Nurventi, 2019).

2.7. Integrasi Keilmuan

Al-Qur'an adalah sumber utama ajaran agama islam, mengenai segala sesuatu yang berhubungan dengan kepentingan hidup manusia. Suatu hal yang sangat menarik dalam hubungan ini adalah bahwa tatanan ekosistem yang diciptakan Allah mempunyai hukum keseimbangan.

Sehingga Allah telah memperingatkan kepada manusia sebelumnya melalui Al-Qur'an surat Al-A'raf ayat 56:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا

"Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya"

Kata *ba'da islaahiha* pada ayat tersebut dengan jelas menunjukkan adanya mengusahakan menjaga kelestarian tatanan lingkungan hidup agar tetap seimbang. Al-Qur'an telah menjelaskan untuk tidak berbuat kerusakan di bumi, karena dapat mengakibatkan hilangnya keseimbangan lingkungan hidup, sebagaimana tersirat dalam Al-Qur'an surat Al-Qashas ayat 77:

وَابْتَغِ فِيمَا آتَاكَ اللَّهُ الدَّارَ الْآخِرَةَ ۖ وَلَا تَنْسَ نَصِيبَكَ مِنَ الدُّنْيَا ۖ
وَأَحْسِنْ كَمَا أَحْسَنَ اللَّهُ إِلَيْكَ ۖ وَلَا تَبْغِ الْفَسَادَ فِي الْأَرْضِ ۖ إِنَّ اللَّهَ
لَا يُحِبُّ الْمُفْسِدِينَ

"Dan carilah pada apa yang telah dianugerahkan Allah kepadamu (kebahagiaan) negeri akhirat, dan janganlah kamu melupakan bahagianmu dari (kenikmatan) duniawi dan berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah telah berbuat baik, kepadamu, dan janganlah kamu berbuat kerusakan di (muka) bumi. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berbuat kerusakan"

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Besi (Fe) merupakan logam yang biasanya digunakan dalam campuran pupuk dan pestisida. Air limbah yang mengandung besi (Fe) dapat membahayakan makhluk hidup di sekitarnya. Pada kasus ini, memanfaatkan limbah kulit singkong sebagai adsorban untuk menurunkan kadar besi (Fe) dalam air limbah. Hal ini dapat dibuktikan dalam surat Al-An'am ayat 95:

إِنَّ ٱللَّهَ فَالِقُ ٱلْحَبِّ وَٱلنَّوَىٰ ۖ يُخْرِجُ ٱلْحَيَّ مِنَ ٱلْمَيِّتِ وَمُخْرِجُ ٱلْمَيِّتِ مِنَ ٱلْحَيِّ ۚ ذَٰلِكُمُ ٱللَّهُ ۖ فَأَنَّىٰ تُؤْفَكُونَ

"Sesungguhnya Allah menumbuhkan butir tumbuh-tumbuhan dan biji buah-buahan. Dia mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan mengeluarkan yang mati dari yang hidup. (yang memiliki sifat-sifat) demikian ialah Allah, Maka mengapa kamu masih berpaling?"

Ayat tersebut dengan jelas menyatakan bahwa tumbuhan yang telah mati dapat dimanfaatkan kembali untuk sesuatu yang lebih berguna, dalam hal ini dijadikan sebagai adsorban. Sehingga bagaimana manusia menggunakan, memanfaatkan, dan mengkaji fenomena alam yang terjadi.

2.8. Penelitian Terdahulu

Berikut adalah beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini:

1. Adriansyah dkk., (2018) penelitiannya berjudul "Biosorpsi Logam Berat Cu (II) dan Cr (VI) Menggunakan Biosorben Kulit Kopi Terxanthasi" penelitian ini membuat biosorben dari kulit kopi untuk menurunkan kadar Cu (II) dan Cr (VI). Hasilnya menunjukkan bahwa massa optimum penyerapan ion logam Cu (II) dan Cr (VI) sebesar 0,4 dan 0,6 gram, pH optimum pada pH 4, waktu kontak optimum terjadi pada waktu 100 menit. Kapasitas biosorpsi maksimum sebesar 62,5 mg/g dan 8,064 mg/g.
2. Agarwal et al., (2014) penelitiannya berjudul "Removal of Cu & Fe from Aqueous Solution by Using Eggshell Powder as Low Cost Adsorbent". Hasilnya menunjukkan bahwa bubuk kulit telur seperti adsorban alami

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dapat digunakan dalam proses pengolahan logam berat dan efisiensi mungkin setinggi 100% dengan pemilihan jumlah adsorban yang tepat. Penelitian ini menunjukkan bahwa dalam campuran ion logam menunjukkan terdapat penurunan konsentrasi yang cukup besar.

3. Karim dkk., (2017) penelitiannya berjudul "Adsorpsi Ion Logam Fe dalam Limbah Tekstil Sintesis dengan menggunakan Metode Batch" penelitian ini membuat adsorban dari limbah karbit untuk menurunkan kadar besi (Fe) dengan metode batch. Sehingga didapatkan hasil pada waktu 6 jam terjadi penurunan kadar besi (Fe) secara drastis menjadi 31,95 ppm.
4. Kusumawardani., (2018) penelitiannya berjudul "Adsorpsi Kadmium (II) Menggunakan Adsorben Selulosa Ampas Tebu Teraktivasi Asam Nitrat". Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kapasitas adsorpsi selulosa dari ampas tebu teraktivasi asam nitrat terhadap kadar kadmium (II). Hasilnya menunjukkan bahwa kondisi kerja adsorpsi kadmium (II) oleh selulosa teraktivasi asam nitrat terjadi pada pH 7 dengan waktu kontak 120 menit. Kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 2,215 mg/g.
5. M, Milka et al., (2014) penelitiannya berjudul "Removal of Manganese and Iron from Groundwater in the Presence of Hydrogen Sulfide and Ammonia". Hasilnya menunjukkan bahwa Hydrogen sulfide merupakan polutan yang menyebabkan masalah selama proses adsorpsi mangan dan iron. Sehingga kapasitas adsorpsi tidak dapat digunakan secara memadai kecuali ikatan timbal balik dalam senyawa yang terkandung.
6. Mar'af dkk., (2018) penelitiannya berjudul "Pemanfaatan Kulit Kacang Tanah (Arachis hipogaea L.) sebagai Adsorban Zat Warna Metilen Biru". Penelitian ini bertujuan untuk menentukan efisiensi adsorpsi, kapasitas adsorpsi, kondisi optimum adsorpsi zat warna yang meliputi variasi waktu kontak, konsentrasi adsorban, pH, dan konsentrasi zat warna. Hasilnya menunjukkan bahwa adsorban setelah diaktivasi memiliki karakter lebih baik daipada sebelum diaktivasi. Kondisi optimum adsorpsi pada waktu kontak 60 menit dengan aktivasi basa, konsentrasi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

adsorban optimum 1%, konsentrasi zat warna 50 ppm, pH 9, dan ukuran adsorban <180 µm.

7. Mohammed et al., (2017) penelitiannya berjudul "Technique of Batch Adsorption for the Elimination of (Malachite Green) Dye from Industrial Waste Water by Exploitation Walnut Shells as Sorbent". Penelitian ini mengusulkan teknik mudah dan murah untuk menyisihkan zat pewarna berbahaya yakni Malachite Hijau (MG) dengan menggunakan karbon aktif dari cangkang kenari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyisihan diperoleh setelah karbon aktif sebanyak 1 gram dengan ukuran partikel 150 pM dan waktu kontak 150 menit, dengan hasil penyisihan sebanyak 99,53%.
8. Mousa et al., (2015) penelitiannya berjudul "Adsorption of Reactive Blue Dye onto Natural and Modified Wheat Straw". Penelitian ini bertujuan untuk menghilangkan kadar reaktif pewarna biru pada pabrik tekstil dengan menggunakan adsorban dari jerami gandum, dan membedakan penggunaan adsorban dari jerami gandum alami, jerami gandum, dan karbon aktif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penghilangan kadar reaktif pewarna biru pada pabrik tekstil dengan menggunakan adsorban dari jerami gandum alami, jerami gandum, dan karbon aktif diperoleh hasil 68%, 92,17%, dan 90,5%.
9. Putri dkk., (2018) penelitiannya berjudul "Pengaruh Massa dan Ukuran Partikel Adsorben Kulit Singkong Terhadap Penyisihan Kadar COD dan BOD pada Pengolahan Limbah cair Tahu" penelitian ini membuat adsorban dari kulit singkong untuk menyisihkan kadar COD dan BOD dalam limbah cair tahu. Hasilnya menunjukkan penyisihan paling tertinggi pada massa adsorban 2,5 gram dengan ukuran partikel 170 mesh. Efisiensi penyisihannya COD = 74,4% dan BOD = 71,48%.
10. Rocha et al., (2015) peeltiannya yang berjudul "Batch and Coloumn Studies of Phenol Adsorpstion by an Activated Carbon Based on Acid Treatment of Corn Cobs". Penelitian ini bertujuan untuk menyisihkan kadar fenol pada larutan air dengan menggunakan karbon aktif dari

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

limbah tongkol jagung dengan sistem batch dan kolom". Hasilnya menunjukkan bahwa kinetika adsorpsi dan keseimbangan yang memuaskan dijelaskan oleh Pseudo orde kedua dan model Freundlich. Kapasitas adsorspsi pada adsorban lebih tinggi dari karbon aktif.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB 3

METODE PENELITIAN

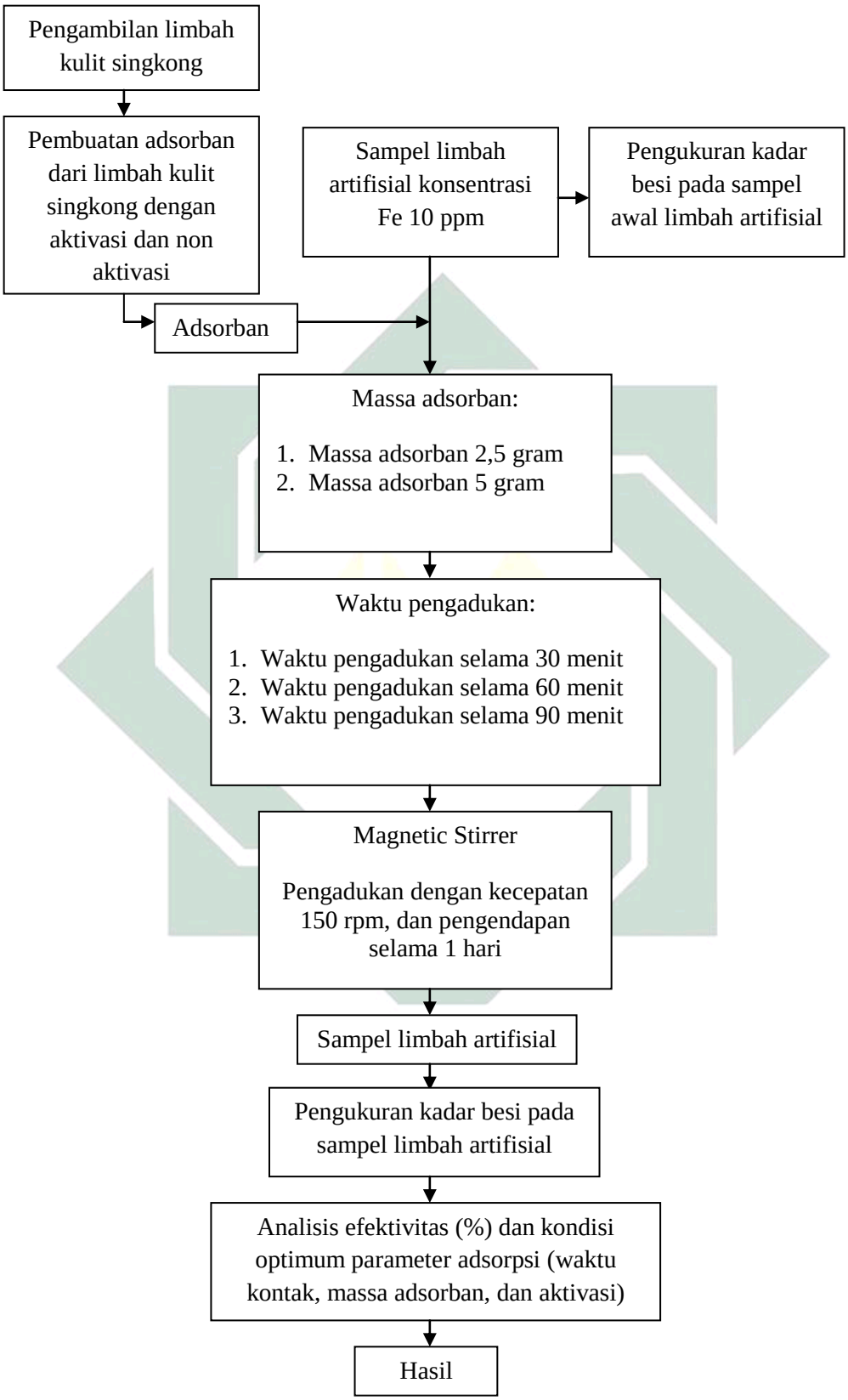
Penelitian ini dilaksanakan di Laboratoriun Integrasi UIN Sunan Ampel Surabaya, dan untuk pengujiannya di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya yang terletak di Jalan Mayjen Prof. Dr. Moestopo No. 2, Pacar Keling, Kecamatan Tambaksari, Kota Surabaya.

3.1 Kerangka Pikir Penelitian

Kerangka pikir penelitian bertujuan untuk memperoleh hasil penelitian yang optimal sesuai dengan tujuan dan ruang lingkup penelitian.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



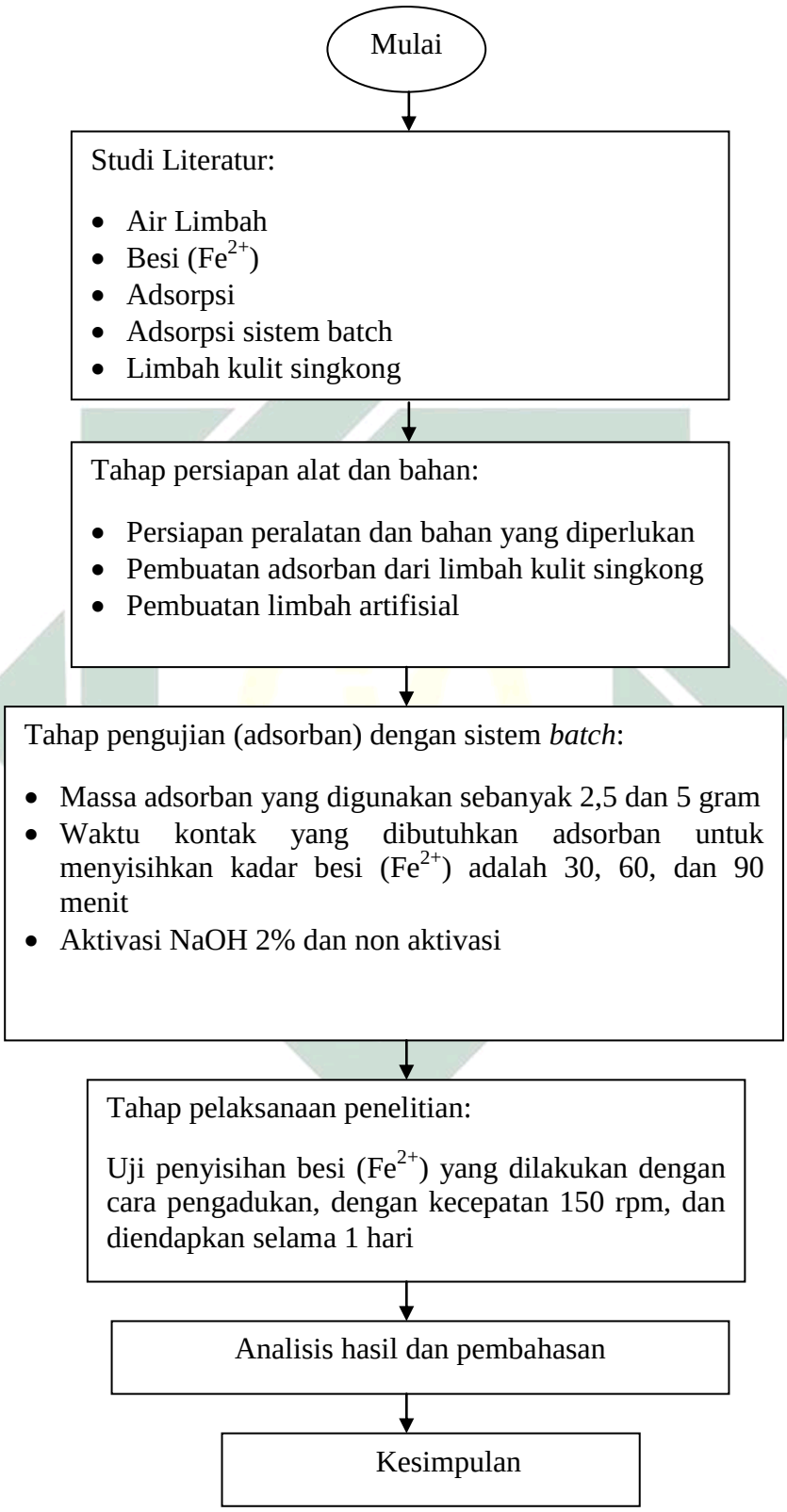
Gambar 3.1 Kerangka Pikir Penelitian

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.2 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan adsorpsi ion besi (Fe^{2+}) oleh adsorban dari limbah kulit singkong dengan menggunakan sistem *batch*, sehingga diketahui besar penyisihan ion besi (Fe^{2+}) dalam limbah artifisial. Tahapan dari penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahap yang meliputi: studi literatur, persiapan alat dan bahan, pengujian (adsorban) dengan sistem *batch*, pelaksanaan penelitian, serta analisis dan pembahasan . Alur tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.2 berikut:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 3.2 Diagram Alir Tahapan Penelitian

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.3 Rancangan Percobaan

Penelitian ini dilakukan di laboratorium. Sampel limbah artifisial dengan konsentrasi awal ion besi (Fe^{2+}) yang sama yakni sebesar 10 ppm diadsorpsi menggunakan adsorban dari limbah kulit singkong dengan massa adsorban yang berbeda, menggunakan sistem batch dengan waktu kontak yang berbeda. Kemudian sampel limbah diendapkan selama 1 hari dan disaring, lalu dianalisis menggunakan ICP untuk mengetahui penurunan konsentrasi Fe^{2+} dalam limbah artifisial.

Tabel 3.1 Rancangan Percobaan

Aktivasi NaOH 2%			
	X_1	X_2	X_3
A	AX_1	AX_2	AX_3
B	BX_1	BX_2	BX_3

Non Aktivasi			
	X_1	X_2	X_3
A	AX_1	AX_2	AX_3
B	BX_1	BX_2	BX_3

Keterangan:

A : massa adsorban 2,5 gram

B : massa adsorban 5 gram

X_1 : waktu kontak 30 menit

X_2 : waktu kontak 60 menit

X_3 : waktu kontak 90 menit

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Hipotesis:

H0a : tidak ada perbedaan kemampuan adsorpsi Fe^{2+} pada massa adsorban 2,5 dan 5 gram.

H1a : ada perbedaan kemampuan adsorpsi Fe^{2+} pada massa adsorban 2,5 dan 5 gram.

H0b : tidak ada perbedaan kemampuan adsorpsi Fe^{2+} pada waktu kontak 30, 60, dan 90 menit.

H1b : ada perbedaan kemampuan adsorpsi Fe^{2+} pada waktu kontak 30, 60, dan 90 menit.

H0c : tidak ada perbedaan kemampuan adsorpsi Fe^{2+} pada aktivasi NaOH 2% dan non aktivasi.

H1c : ada perbedaan kemampuan adsorpsi Fe^{2+} pada aktivasi NaOH 2% dan non aktivasi.

3.4 Alat dan Bahan

a. Peralatan

Alat-alat yang digunakan meliputi gelas takar, timbangan, oven, ayakan ukuran 0,5 – 0,841 mm, kertas saring, *magnetic stirrer*, blender, dan instrumen ICP.

b. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan meliputi limbah kulit singkong, NaOH 2%, aquadest, dan $FeSO_4.7H_2O$.

3.5 Langkah Kerja Penelitian

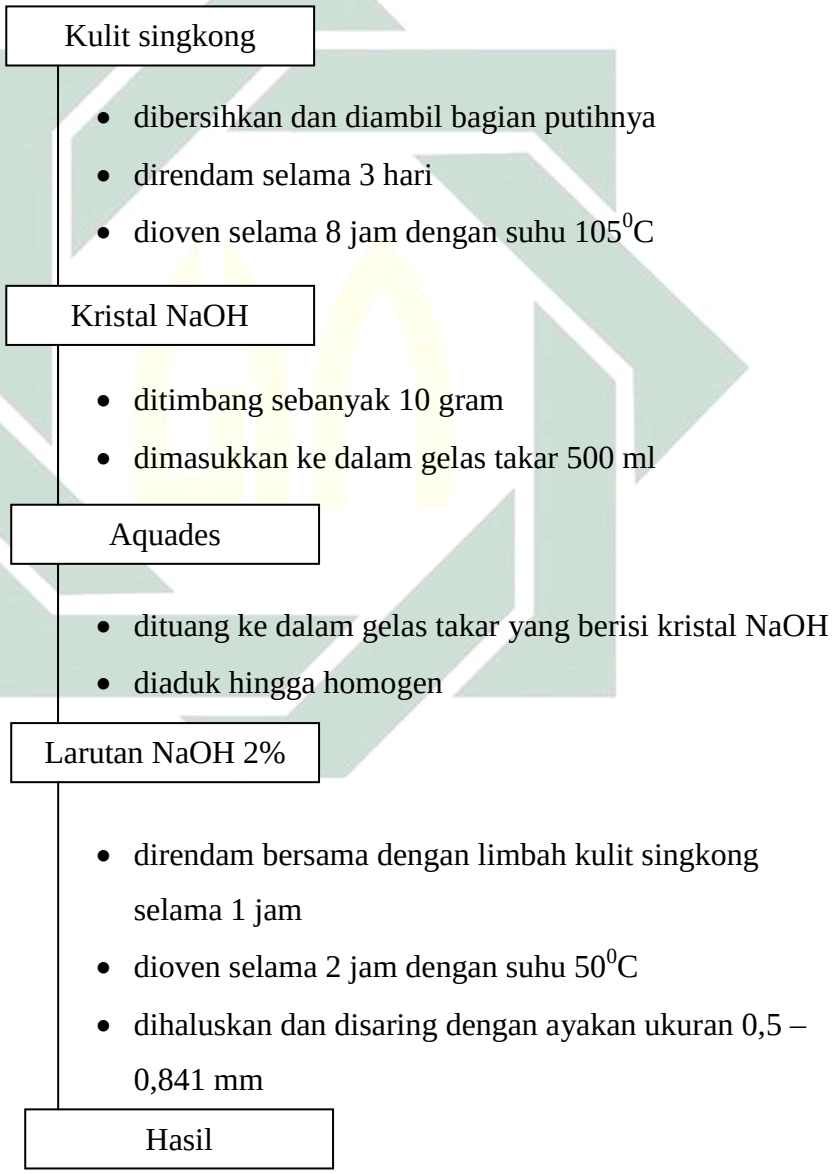
3.5.1 Pembuatan Adsorban dari Limbah Kulit Singkong

Pertama limbah kulit singkong dibersihkan terlebih dahulu dari kotoran. Kemudian diambil bagian putihnya, dan dibuang bagian kulit yang sudah berwarna ungu, karena terdapat kandungan HCN (asam sianida). Lalu direndam di air selama 3 hari untuk menghilangkan kadar HCN pada kulit singkong. Kemudian limbah kulit singkong dioven selama 8 jam dengan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

suhu 105^0C, lalu didinginkan dengan suhu ruangan selama 15 menit. Kemudian limbah kulit singkong tersebut dimasukkan ke dalam larutan NaOH 2% selama 1 jam.

Limbah kulit singkong yang sudah di pretreatment, dioven lagi selama 2 jam dengan suhu 50^0C, dihaluskan dan disaring dengan ayakan ukuran 0,5 – 0,841 mm.



Gambar 3.3 Tahapan Pembuatan Adsorban

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.5.2. Pembuatan Limbah Artifisial Besi (Fe^{2+})

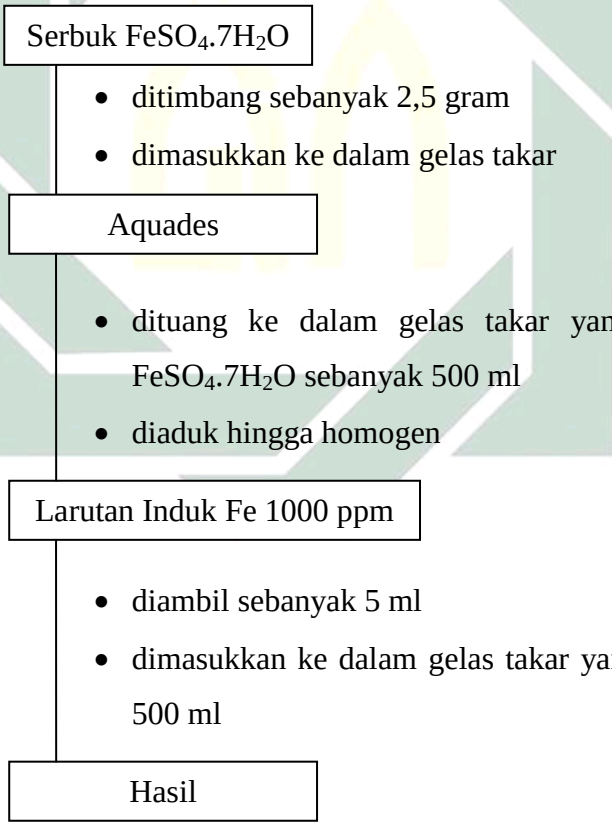
Limbah artifisial besi (Fe^{2+}) dibuat dengan cara melarutkan senyawa besi (II) sulfate, heptahydrate ($FeSO_4.7H_2O$) dengan aquades, dengan konsentrasi sebesar 10 ppm.

a. Pembuatan Larutan Induk Fe 1000 ppm

Menimbang 2,5 gram serbuk $FeSO_4.7H_2O$, kemudian masukkan aquades sebanyak 500 ml ke dalam gelas takar yang telah berisi serbuk $FeSO_4.7H_2O$.

b. Pembuatan Sampel Limbah Fe 10 ppm

Ambil 5 ml larutan induk Fe, dan masukkan ke dalam gelas takar yang telah berisi aquades sebanyak 500 ml.



Gambar 3.4 Tahapan Pembuatan Limbah Artifisial Fe

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.5.3. Pengujian Penyerapan Adsorban Terhadap Kadar Besi (Fe^{2+}) pada Sampel Limbah Artifisial

Adsorban dari limbah kulit singkong yang sudah jadi, ditimbang sebanyak 2,5 dan 5 gram. Kemudian adsorban tersebut dimasukkan ke dalam gelas takar yang telah berisi 500 ml sampel air limbah artifisial. Setelah itu, diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan putaran 150 rpm dengan waktu kontak 30, 60, dan 90 menit, lalu diendapkan selama 1 hari dan disaring. Kemudian filtrat hasil endapan dianalisis besinya (Fe^{2+}) menggunakan ICP, dan pengulangannya dilakukan secara duplo.

3.5.4. Karakterisasi Adsorban Limbah Kulit Singkong

Adsorban dari limbah kulit singkong diuji kadar airnya. Kadar air ditentukan dengan cara pengeringan menggunakan oven. Limbah kulit singkong dioven pada suhu 105^0C. Setelah itu, didinginkan selama 15 menit dengan suhu ruangan lalu ditimbang dan dihitung menggunakan persamaan berikut (Etni dkk, 2016):

Kadar air (%) $= \frac{a-b}{a} . 100\%$ ..... (Rumus 3.1)

Keterangan: a : berat sampel sebelum pengeringan (g)
b : berat sampel setelah pengeringan (g)

3.6. Metode Analisis Data

Data yang diperoleh digunakan untuk menentukan kemampuan optimum adsorban dalam menyerap logam Fe^{2+} yang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

Persentase Adsorpsi $= \frac{Co-Ct}{Co} . 100\%$ ..... (Rumus 3.2)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Keterangan: Co : konsentrasi awal logam (ppm)

Ct : konsentrasi logam setelah di adsorpsi (ppm)

Uji analisis data statistiknya menggunakan uji Analisis Varian/ANOVA Dua Arah atau *Two-Way* ANOVA untuk mengetahui perbedaan rata-rata dari dua komponen yaitu variabilitas dalam kelompok (*within group*) dan variabilitas antar kelompok (*between group*) secara signifikan atau tidak dengan tingkat signifikan α = 0,05. Kapasitas adsorpsi dapat dihitung melalui pendekatan dengan menggunakan persamaan isoterm Freundlich, dan isoterm Langmuir. Setelah itu dilakukan pemilihan untuk mendapatkan persamaan isoterm yang paling representatif menggambarkan proses adsorpsi. Kapasitas adsorpsi dapat dihitung dari slope grafik Freundlich dan Langmuir dengan menggunakan persamaan garis linier. Model adsorpsi yang sesuai dapat diketahui dengan membandingkan nilai koefisien regresi linier (R^2) dari kedua grafik. Jika salah satu dari model tersebut nilai koefisien regresi liniernya (R^2) mendekati 1, maka model adsorpsi tersebut yang digunakan. Kapasitas adsorpsi merupakan banyaknya jumlah adsorbat yang teradsorp tiap gram adsorban.

Rumus kapasitas adsorpsi :

$$W = \frac{(Co - Ce)}{m\ adsorban} x\ V \quad \text{..... (Rumus 3.3)}$$

Keterangan :

W = kapasitas adsorpsi (mg/g)

C_o = konsentrasi awal logam (mg/L)

C_e = konsentrasi akhir logam setelah diasorpsi (mg/L)

m adsorban = massa adsorban (g)

V = volume adsorbat (L)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Preparasi Kulit Singkong

Kulit singkong diambil dari limbah penjual singkong di pasar setempat. Kulit singkong yang digunakan kulit bagian dalam yang berwarna putih. Kulit singkong dipisahkan terlebih dahulu dengan kulit bagian dalamnya yang berwarna putih. Kemudian kulit singkong tersebut dibersihkan dari kotoran dan tanah yang menempel, dan direndam dalam air selama 3 hari untuk menghilangkan kadar HCN (asam sianida) yang terdapat pada kulit singkong. Berikut ini Gambar 4.1 proses pencucian dan perendaman limbah kulit singkong.

Gambar 4.1 Proses Pencucian dan Perendaman Limbah Kulit Singkong

Setelah melalui proses perendaman, kulit singkong dioven untuk menghilangkan kadar air pada kulit singkong, dengan suhu 105^0C selama 8 jam. Setelah itu, kulit singkong didinginkan di suhu ruangan selama 15 menit. Berikut ini Gambar 4.2 proses pengovenan limbah kulit singkong.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 4.2 Proses Pengovenan Limbah Kulit Singkong

4.2 Aktivasi Adsorban

Setelah melalui tahap pengovenan, kulit singkong ditumbuk kasar dan diaktivasi menggunakan aktivator NaOH 2%, yang bertujuan untuk meningkatkan daya adsorpsi logam. Kristal NaOH ditimbang sebanyak 10 gram dan dimasukkan ke dalam gelas takar untuk diencerkan ke dalam 500 ml aquades, dan diaduk hingga homogen. Kemudian adsorban kulit singkong direndam ke dalam larutan tersebut selama 60 menit. Setelah itu, adsorban dicuci menggunakan aquades hingga bersih. Kemudian adsorban dioven pada suhu 50^0C selama 2 jam, lalu adsorban tersebut didinginkan selama 15 menit. Adsorban setelah proses aktivasi berubah berwarna gelap. Berikut Gambar 4.3 perbedaan bentuk adsorban sebelum dan sesudah aktivasi.

Gambar 4.3 Perbedaan Bentuk Adsorban Sebelum dan Sesudah Aktivasi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.3 Karakterisasi Adsorban

Kadar air pada adsorban perlu diperhatikan karena sangat mempengaruhi kemampuan adsorban untuk mengadsorpsi logam berat. Untuk mengetahui kadar air dari adsorban, adsorban ditimbang terlebih dahulu sebanyak 5 gram, kemudian adsorban dioven selama 1 jam dengan suhu 105^0C. Lalu adsorban didinginkan selama 15 menit. Selanjutnya adsorban tersebut ditimbang dan prosedur tersebut dilakukan berulang-ulang dengan selang waktu yang sama hingga tercapai berat konstan. Penentuan kadar air dilakukan dua kali pengulangan. Hasilnya ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kadar Air

Pengukuran	Berat Sampel (g)	Berat Setelah Oven (g)	Kadar Air (%)
1	5	4,73	5,4 %
2	5	4,8	4 %

Sumber: Data Primer, 2020

Dari hasil pengujian tersebut, kadar air rata-rata pada adsorban sebesar 4,7%. Semakin rendah kadar air maka semakin banyak tempat dalam pori yang dapat ditempati oleh adsorbat sehingga adsorpsi berlangsung secara optimal (Imawati, 2015).

4.4 Pembuatan Limbah Artifisial

Limbah yang digunakan dalam penelitian ini merupakan limbah artifisial. Limbah dibuat dengan cara melarutkan serbuk senyawa besi (II) sulfate, heptahydrate ($FeSO_4.7H_2O$) menggunakan aquades, dengan konsentrasi besi sebesar 10 ppm. Akan tetapi, harus dibuat terlebih dahulu larutan induk besi 1000 ppm.

Diketahui:

Ar Fe = 56 gram/mol

Mr $FeSO_4.7H_2O$ = 278 gram/mol

Kemurnian = 99%

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Volume = 500 ml

M = n / V

$= \frac{gr}{Ar\ x\ Fe\ x\ V}$

$= \frac{gr}{56\ L}$

= 0,0178 M

Jadi larutan induk besi yang akan dibuat molaritasnya 0,0178 M.

M $= \frac{gr}{Mr\ \text{FeSO 4.7H2O}}$ x $\frac{1000}{ml}$

0,0178 M $= \frac{gr}{278}$ x $\frac{1000}{500}$

$= \frac{0{,}0178\ \text{M x } 278}{2}$

= 2,47 gram $FeSO_4.7H_2O$

$FeSO_4.7H_2O$ $= \frac{gram}{\%\ kemurnian}$

$= \frac{2{,}47\ \text{gram}}{0{,}99}$

= 2,5 gram $FeSO_4.7H_2O$

Jadi serbuk $FeSO_4.7H_2O$ yang dibutuhkan sebesar 2,5 gram untuk dilarutkan dengan 500 ml aquades. Kemudian larutan induk diencerkan lagi menggunakan aquades untuk mendapatkan konsentrasi sebesar 10 ppm.

$C_1 . V_1 = C_2 . V_2$

1000 ppm . V_1 = 10 ppm . 500 ml

V_1 = 5 ml

Jadi untuk membuat 500 ml limbah artifisial besi dengan konsentrasi 10 ppm, maka dibutuhkan larutan induk sebanyak 5 ml. Kemudian sampel air limbah besi artifisial diujikan. Hasil dari pembacaan, diperoleh konsentrasi limbah artifisial sebesar 5,36 mg/l. Hal ini terjadi karena ketidakakuratan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

penimbangan logam besi pada saat pembuatan larutan, dan pada saat pengenceran pada proses pengukuran larutan, sehingga memungkinkan hasilnya tidak sesuai dengan perhitungan.

4.5 Pengujian Penyerapan Adsorban Terhadap Kadar Besi (Fe^{2+}) pada Sampel Limbah Artifisial

Proses selanjutnya yaitu tahap pengujian adsorban kulit singkong untuk menghilangkan kadar besi (Fe^{2+}) pada sampel limbah artifisial dengan menggunakan metode batch. Metode batch dilakukan dengan cara mencampurkan adsorban dan sampel limbah artifisial serta dilakukan pengadukan agar terjadi kontak secara merata. Variasi yang digunakan meliputi massa adsorban, waktu kontak, dan aktivasi. Sehingga metode batch ini bertujuan untuk mempelajari kondisi optimum, baik itu massa adsorban, waktu kontak, dan aktivasi dari adsorban yang akan digunakan untuk proses penyerapan ion besi (Fe^{2+}). Adsorban kulit singkong hasil aktivasi maupun non aktivasi dimasukkan ke dalam gelas takar dengan massa adsorban sebanyak 2,5 gram dan 5 gram. Kemudian masing-masing adsorban ditambahkan dengan 500 ml limbah artifisial besi dengan konsentrasi besi 5,36 mg/l, lalu diaduk menggunakan magnetic stirrer selama 30, 60, dan 90 menit. Berikut Gambar 4.4 proses pengadukan atau pengontakkan limbah artifisial dengan adsorban kulit singkong.

Gambar 4.4 Proses Pengadukan atau Pengontakkan Limbah Artifisial dengan Adsorban Kulit Singkong

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Proses pengadukan tersebut menggunakan adapter dan kipas komputer bekas sebagai pengganti *magnetic stirrer*. Adapter sebagai tenaganya, sedangkan kipas komputer serta *stirring bar* sebagai pengaduknya. Setelah itu, didiamkan selama 1 hari agar residunya mengendap, dan disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan filtrat dan residunya, lalu filtratnya diukur menggunakan alat ICP, dan pengulangannya dilakukan secara duplo. Berikut Gambar 4.5 hasil dari pengadukan atau pengontakkan limbah artifisial dengan adsorban kulit singkong.

Gambar 4.5 Hasil Pengadukan atau Pengontakkan Limbah Artifisial dengan Adsorban Kulit Singkong

Air limbah sampel hasil dari pengadukan berubah berwarna keruh untuk sampel limbah yang menggunakan adsorban non aktivasi, sedangkan sampel limbah yang menggunakan adsorban aktivasi berubah menjadi gelap, dan hasil penyaringannya terdapat butiran putih pada residu.

4.6 Pengaruh Massa Adsorban dan Waktu Kontak Terhadap Efisiensi Penyisihan Logam Besi (Fe^{2+}) pada Adsorban Non Aktivasi

Percobaan menggunakan variasi massa adsorban sebesar 2,5 gram dan 5 gram, dengan waktu kontak yang berbeda yakni 30, 60, dan 90 menit. Konsentrasi awal kadar besi (Fe^{2+}) pada limbah artifisial yang digunakan dan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

telah diujikan sebesar 5,36 mg/l. Untuk hasilnya terdapat pada Tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4.2 Data Hasil Pengukuran Konsentrasi Besi (Fe^{2+}) Menggunakan Adsorban Non Aktivasi

No.	Massa		Waktu Kontak	Hasil Pengukuran Fe (mg/l)	
1.	2,5 gram	5 gram	30 menit	6,36	2,81
2.	2,5 gram	5 gram	60 menit	3,54	2,68
3.	2,5 gram	5 gram	90 menit	3,79	2,43

Sumber: Data Primer, 2020

Berdasarkan hasil pengujian, diketahui bahwa konsentrasi hasil adsorpsi pada variasi massa adsorban dan waktu kontak untuk adsorban non aktivasi berkisar antara 2,43 – 6,36 mg/l. Setelah mengetahui hasil pengukuran Fe setelah adsorpsi, sehingga dapat diketahui efisiensi penyerapan logam besi (Fe^{2+}) menggunakan adsorban dari limbah kulit singkong yang dapat dilihat pada Tabel 4.3

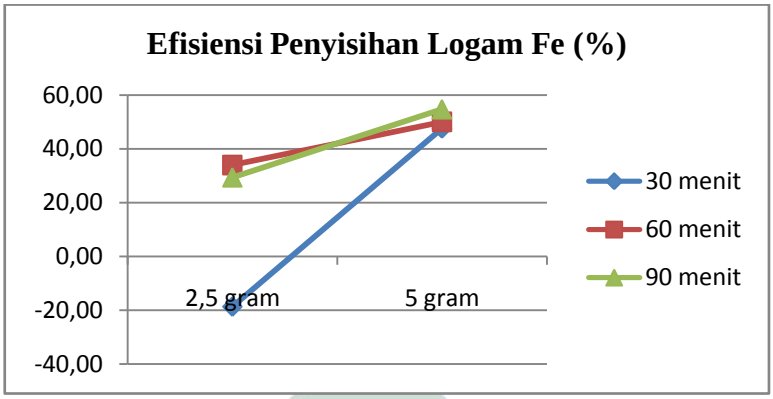
Tabel 4.3 Efisiensi Penyerapan Logam Besi (Fe^{2+}) pada Variasi Massa Adsorban dan Waktu Kontak untuk Adsorban Non Aktivasi

No.	Massa		Waktu Kontak	Efisiensi Penyerapan Fe (%)	
1.	2,5 gram	5 gram	30 menit	-18,66	47,57
2.	2,5 gram	5 gram	60 menit	33,96	50,00
3.	2,5 gram	5 gram	90 menit	29,38	54,66

Sumber: Data Primer, 2020

Berdasarkan Tabel 4.3, menunjukkan bahwa estimasi efisiensi penyerapan logam besi (Fe^{2+}) pada massa adsorban 2,5 gram berkisar antara -18,66 sampai 33,96%. Sedangkan pada massa adsorban 5 gram, estimasi efisiensi penyerapan logam besinya berkisar antara 47,57 - 54,66%. Berikut ini Gambar 4.6 grafik hubungan antara massa adsorban terhadap efisiensi penurunan Fe pada adsorban non aktivasi.

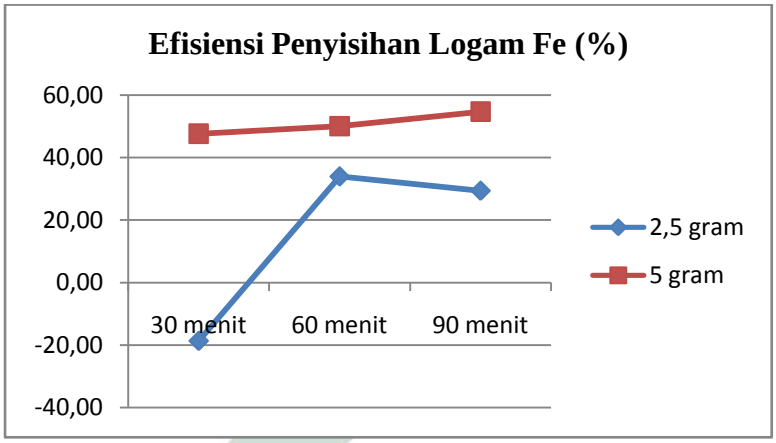
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.6 Grafik Hubungan Antara Massa Adsorban Terhadap Efisiensi Penurunan Fe pada Adsorban Non Aktivasi

Untuk mendapatkan hasil adsorpsi yang maksimal, maka dibutuhkan pengujian adsorpsi dengan variasi massa adsorban yang berbeda-beda. Massa adsorban yang digunakan sebesar 2,5 gram dan 5 gram. Pada Gambar 4.6, dapat diketahui terjadi peningkatan efisiensi penurunan kadar logam Fe di setiap kenaikan massa adsorban. Massa adsorban 5 gram memiliki efisiensi penurunan logam besi yang paling tinggi yaitu 54,66%. Semakin banyak massa adsorban yang digunakan, maka semakin tinggi efisiensi penyerapan logam besinya. Hal ini dikarenakan dengan meningkatnya massa adsorban, maka luas permukaan adsorban lebih banyak tersedia sehingga terjadi peningkatan bidang aktif pada adsorban. Massa adsorban optimal terjadi pada massa adsorban 5 gram. Sedangkan grafik hubungan antara waktu kontak terhadap efisiensi penurunan Fe pada adsorban non aktivasi dapat dilihat pada Gambar 4.7

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.7 Grafik Hubungan Antara Waktu Kontak Terhadap Efisiensi Penurunan Fe pada Adsorban Non Aktivasi

Waktu kontak juga merupakan salah satu faktor terjadinya adsorpsi. Pada rentang waktu tertentu akan terjadi kesetimbangan antara adsorban dengan adsorbat, dimana waktu yang diperlukan untuk mencapai keadaan kesetimbangan ini disebut sebagai waktu optimum penyerapan logam berat. Berdasarkan gambar 4.7, dapat diketahui bahwa jumlah logam besi yang teradsorpsi meningkat seiring bertambahnya waktu. Penyerapan kadar logam Fe dengan menggunakan adsorban limbah kulit singkong tertinggi pada waktu kontak 90 menit dengan massa adsorban 5 gram dan efisiensi yang didapatkan sebesar 54,66%.

Pada waktu kontak 30 menit di massa adsorban 2,5 gram tidak terjadi penurunan daya serap logam besi dan kadar besi melebihi konsentrasi awal dikarenakan pH larutan cenderung rendah (asam). Dalam keadaan pH rendah, besi yang ada di dalam air berbentuk ferro (Fe^{2+}) dan ferri (Fe^{3+}), dimana bentuk tersebut akan mengendap dan tidak larut dalam air sehingga mengakibatkan air menjadi berwarna, berbau, dan berasa. Pada menit ke-60 dengan massa adsorban 2,5 gram mengalami kenaikan efisiensi adsorpsi sebesar 33,96%, akan tetapi pada waktu kontak 90 menit di massa adsorban 2,5 gram tidak terjadi penurunan daya serap logam besi karena pada menit tersebut sudah mencapai titik jenuh (desorpsi) pada permukaan adsorban,

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

sehingga adsorbat melepas kembali ke dalam larutan selama pengadukan. Pada waktu kontak 30 menit sampai 90 menit pada massa adsorban 5 gram, jumlah ion logam Fe yang terserap oleh adsorban terus meningkat, karena semakin lama waktu kontak antara adsorban dengan logam Fe maka semakin besar pula konsentrasi logam besi yang teradsorpsi.

4.7 Pengaruh Massa Adsorban dan Waktu Kontak Terhadap Efisiensi Penyisihan Logam Besi (Fe^{2+}) pada Adsorban Aktivasi

Percobaan menggunakan variasi massa adsorban sebesar 2,5 gram dan 5 gram, dengan waktu kontak yang berbeda yakni 30, 60, dan 90 menit. Konsentrasi awal kadar besi (Fe^{2+}) pada limbah artifisial yang digunakan dan telah diujikan sebesar 5,36 mg/l. Untuk hasilnya terdapat pada Tabel 4.4 sebagai berikut:

Tabel 4.4 Data Hasil Pengukuran Konsentrasi Besi (Fe^{2+}) Menggunakan Adsorban Aktivasi

No.	Massa		Waktu Kontak	Hasil Pengukuran Fe (mg/l)	
1.	2,5 gram	5 gram	30 menit	5,84	7,39
2.	2,5 gram	5 gram	60 menit	8,04	7,25
3.	2,5 gram	5 gram	90 menit	7,49	7,04

Sumber: Data Primer, 2020

Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui bahwa konsentrasi hasil adsorpsi pada variasi massa adsorban dan waktu kontak untuk adsorban aktivasi berkisar antara 5,84 – 8,04 mg/l. Setelah mengetahui hasil pengukuran Fe setelah adsorpsi, sehingga dapat diketahui efisiensi penyerapan logam besi (Fe^{2+}) menggunakan adsorban dari limbah kulit singkong yang dapat dilihat pada Tabel 4.5

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.5 Efisiensi Penyerapan Logam Besi (Fe^{2+}) pada Variasi Massa Adsorban dan Waktu Kontak untuk Adsorban Aktivasi

No.	Massa		Waktu Kontak	Efisiensi Penyerapan Fe (%)	
1.	2,5 gram	5 gram	30 menit	-8,86	-37,87
2.	2,5 gram	5 gram	60 menit	-49,91	-35,17
3.	2,5 gram	5 gram	90 menit	-39,74	-31,25

Sumber: Data Primer, 2020

Berdasarkan Tabel 4.5, menunjukkan bahwa estimasi efisiensi penyerapan logam besi (Fe^{2+}) pada massa adsorban 2,5 gram berkisar antara -8,86% sampai -49,91%. Sedangkan pada massa adsorban 5 gram, estimasi efisiensi penyerapan logam besi (Fe^{2+}) berkisar antara -31,25% sampai -37,87%. Pada adsorban aktivasi, efisiensi penyisihan logam besi bernilai negatif sehingga dapat dikatakan tidak terjadi penurunan daya serap logam besi pada adsorban aktivasi, dan kadar besi meningkat melebihi konsentrasi awal. Hal ini dapat terjadi karena pengaruh pH. Selulosa dilapisi oleh lignin yang membuat struktur dari selulosa bersifat kuat. Keberadaan lignin tersebut dapat mengganggu selulosa untuk berikatan dengan ion logam, sehingga perlu perlakuan kimiawi dengan larutan NaOH, karena larutan ini dapat menghilangkan kandungan lignin. Aktivasi kimia dengan menggunakan NaOH saja hanya dapat melarutkan senyawa lignin, sedangkan mineral-mineral asam masih tertinggal, sehingga apabila pH larutan kurang dari 7 (asam), maka kadar besi pada larutan akan mengalami peningkatan.

Selain itu, peningkatan kadar besi setelah proses adsorpsi juga bisa disebabkan adanya kadar besi pada adsorban. Penggunaan adsorban dari tanaman mempunyai kekurangan dalam penggunaannya, salah satunya tanaman memerlukan unsur hara makro (N, K, P, Mg, Ca, S) dan mikro (Fe, Cu, Zn, Mn, B), sehingga bisa mengganggu proses adsorpsi atau mengalami peningkatan konsentrasi kadar logam yang ingin di adsorpsi. Toksisitas besi hanya terjadi pada tanah yang telah tergenang dengan periode waktu yang panjang, dengan menurunkan potensial redoks tanah yang menyebabkan Fe^{3+}

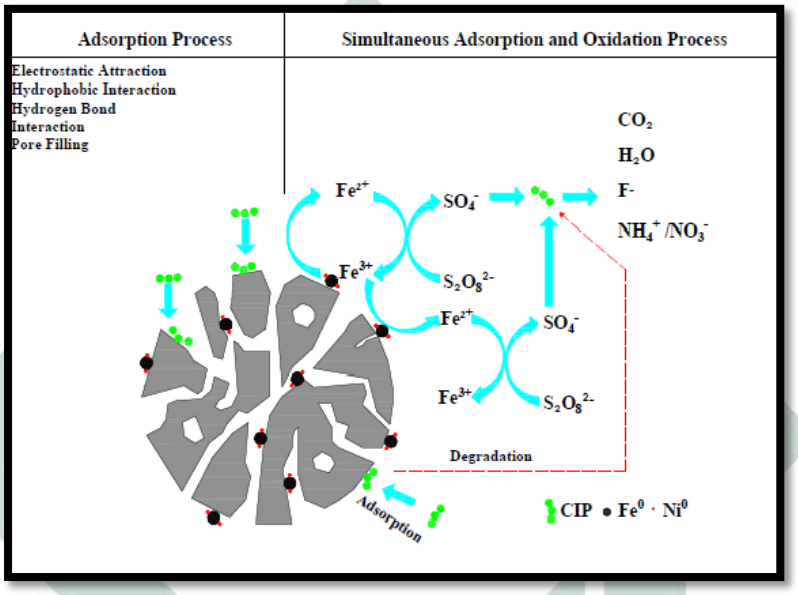
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

pada mineral tanah direduksi menjadi Fe^{2+} yang lebih larut dalam air, sehingga memicu kelebihan besi bahkan konsentrasinya mencapai 1000 mg/l. Singkong merupakan tanaman yang sangat toleran terhadap kondisi tanah yang masam (pH rendah). Salah satu syarat media tanam yang baik untuk pertumbuhan singkong adalah mempunyai derajat keasaman pH berkisar antara 4,5-8,0, dengan pH ideal 5,8. Penyebab keasaman tanah adalah ion H^+ dan Al^{3+} yang berada dalam larutan tanah, mineral tanah, konsentrasi ion H^+ dan ion OH^-. Semakin banyak air dalam tanah, maka semakin banyak reaksi pelepasan ion H^+ sehingga tanah menjadi masam. Zat besi (Fe) pada tanaman singkong digunakan sebagai katalisator atau bagian dari sistem enzim yang berkaitan dalam pembentukan klorofil. Ciri-ciri tanaman singkong kekurangan zat besi meliputi pertumbuhannya akan terhambat, bentuk daun normal tetapi kecil, klorosis seluruh daun muda dan tangkai daun, dan jika kondisi parah seluruh daun klorosis hingga putih. Sedangkan ciri-ciri tanaman singkong kelebihan zat besi yakni terdapat bercak-bercak kecoklatan pada daun seperti terbakar. Tanaman singkong memiliki kemampuan daya serap tinggi terhadap beberapa unsur yang ada di dalam tanah, termasuk unsur hara mikro kelompok logam berat. Menurut Radjit (2016), gejala kahat (kekurangan) hara Fe pada tanaman singkong terjadi pada tanah kalcareous (tanah gampingan), sedangkan kahat Mn terjadi pada tanah berpasir dan alkalin. Tanaman singkong memerlukan lahan dengan kandungan Fe dan Mn sekitar 10-100 ppm. Sehingga penggunaan adsorban dari limbah kulit singkong kurang efisien untuk mengadsorpsi kadar besi pada air limbah, dikarenakan pada tanaman singkong sudah terdapat kadar logam besi (Fe), yang akan meningkatkan konsentrasi kadar besi pada air limbah. Hal ini dapat dibuktikan dengan hasil uji laboratorium air rendaman kulit singkong dengan NaOH terdapat kadar besi sebesar 4,2 mg/l.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

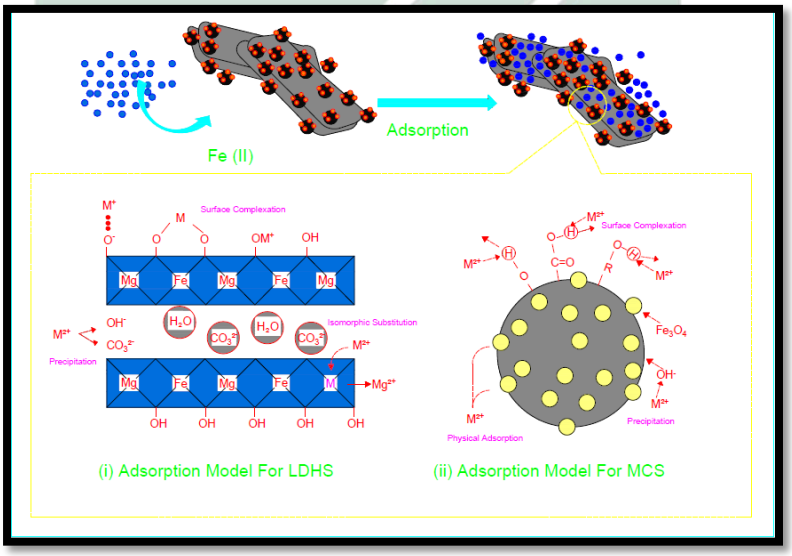
4.8 Mekanisme Adsorpsi

Kulit singkong memiliki kandungan protein, selulosa non reduksi, dan serat kasar yang tinggi. Komponen-komponen tersebut mengandung gugus –OH, -NH2, -SH, dan –CN. Gugus fungsi yang diperlukan dalam mengadsorpsi logam besi adalah gugus fungsi hidroksil (OH^-).



Gambar 4.8 Gaya yang Terjadi pada Proses Adsorpsi Fe

Digambar Ulang dari Sumber (Huang et al, 2014)



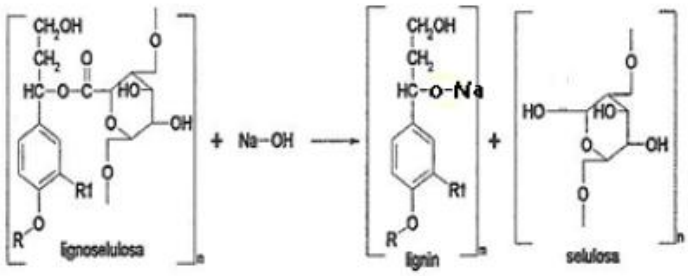
Gambar 4.9 Mekanisme Adsorpsi Fe

Digambar Ulang dari Sumber (Huang et al, 2014)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Proses penyerapan Fe dengan menggunakan adsorban dari limbah kulit singkong ini termasuk adsorpsi fisika karena melibatkan gaya intermolekuler yaitu gaya van der Waals atau ikatan hidrogen. Gaya van der Waals atau gaya elektrostatis merupakan gaya yang terjadi karena adanya interaksi antara dipol-dipol yang dapat mengakibatkan terbentuknya ikatan ion. Gaya elektrostatis ini terjadi karena keberadaan gugus aktif polar seperti hidroksil (-OH) yang terdapat pada adsorban, sehingga akan terjadi ikatan antara ion positif logam dengan ion negatif gugus hidroksil. Interaksi ini akan mengakibatkan tertariknya ion logam yang terdapat di dalam larutan. Menurut Rohani (2016), adsorban yang dapat menyerap ion logam besi (Fe) lebih baik yakni menggunakan adsorban dari kulit singkong. Hal ini dapat terjadi karena polaritas ion logam besi (Fe) lebih besar, sehingga ion logam ini akan lebih mudah berikatan dengan adsorban yang bersifat polar. Selain itu, berdasarkan tabel periodik unsur Fe juga memiliki keelektronegatifan yang lebih besar, sehingga logam besi (Fe) dapat diserap oleh adsorban kulit singkong.

Ion OH^- dari NaOH akan memutus ikatan-ikatan dari struktur dasar lignin sehingga lignin akan mudah larut. Keberadaan lignin akan menurunkan proses adsorpsi, karena lignin akan menghalangi proses transfer ion. Berikut reaksi pemutusan ikatan lignoselulosa menggunakan NaOH.



Gambar 4.10 Reaksi Pemutusan Ikatan Lignoselulosa Menggunakan NaOH

Sumber: (Lismeri dkk, 2017)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gugus –OH dari selulosa akan mengikat Fe^{2+} dalam limbah artifisial. Mekanisme yang mungkin terjadi dapat dilihat pada persamaan reaksi berikut.

$$2(OH) + Fe^{2+} \longleftrightarrow (O_2Fe^{(2-2)})^{+} + 2H^{+}$$

Memungkinkan mekanisme pertukaran ion Fe (Fe^{2+}) yang menenmpel pada dua gugus hidroksil yang berdekatan dengan dua gugus oksil yang melepaskan dua pasangan elektron ke ion logam kemudian membentuk senyawa dan melepsakan dua ion hidrogen ke dalam larutan.

Dari reaksi di atas dapat diketahui:

O-H = 429,91 kJ/mol

O-Fe = 407,0 kJ/mol

ΔH = ∑(ikatan putus) - ∑(ikatan terbentuk)

= (2 (429,91) + 407,0) – (495,0 + 407,0 + 2 (174,0))

= 1266,82 – 1250,0

= 17 kJ/mol

Dari perhitungan energi ikatan di atas dapat diketahui bahwa gugus aktif inilah yang terdapat pada adsorban limbah kulit singkong yang mampu menyerap logam Fe, penyerapan yang terjadi adalah adsorpsi fisika, karena menghasilkan energi sekitar 5-20 kJ/mol.

Besi (II) bereaksi dengan basa seperti larutan NaOH akan menghasilkan endapan putih $Fe(OH)_2$. Jika terpapar oleh udara, endapan ini akan teroksidasi menjadi besi (III) hidroksida berwarna coklat kemerahan.

$$Fe^{2+}_{(aq)} + 2OH^{-}_{(aq)} \longrightarrow Fe(OH)_{2\,(s)}$$

$$4Fe(OH)_{2(s)} + 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)} \longrightarrow 4Fe(OH)_{3(s)}$$

Besi (III) bereaksi dengan basa menghasilkan besi (III) hidroksida.

$$Fe^{3+}_{(aq)} + 3OH^{-}_{(aq)} \longrightarrow Fe(OH)_{3\,(s)}$$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Kulit singkong juga memiliki kandungan HCN (asam sianida) lebih banyak daripada ubinya. Cara menghilangkan kadar HCN adalah dengan cara pencucian dan perebusan.

Reaksi penghilangan HCN

$$HCN + NaOH \longrightarrow NaCN + H_2O$$

Gas HCN pada permukaan adsorban diubah oleh aktivator NaOH menjadi senyawa natrium sianida (NaCN) dan air sebagai produknya. Oleh sebab itu, setelah proses aktivasi harus dilakukan pencucian terhadap adsorban untuk menghilangkan senyawa yang terbentuk pada proses aktivasi.

Selain komposisi dan polaritasnya, struktur pori juga termasuk faktor penting dalam proses adsorpsi karena berhubungan dengan luas permukaan. Semakin kecil pori-pori adsorban, maka luas permukaannya semakin besar. Daya adsorpsi dapat ditentukan dengan luas permukaan adsorban dan kemampuan adsorbannya akan semakin baik jika diaktivasi dengan menggunakan bahan kimia atau melalui pemanasan dengan suhu tinggi (Arif, 2014). Interaksi yang terjadi antara adsorban dengan ion logam berat sangat kompleks. Dari gambar tersebut merepresentasikan mekanisme adsorpsi Fe oleh adsorban tahap pertama diawali dengan adanya proses pertukaran ion. Tahap selanjutnya menjelaskan terjadinya difusi ion besi ke dalam pori-pori adsorban, yaitu adanya gugus fungsi –OH atau C-O yang memberikan situs aktif pada permukaan adsorban. -OH menunjukkan kelompok permukaan adsorban, M^{2+} merupakan ion logam berat yang terkandung dalam air limbah yang digunakan dalam penelitian ini adalah ion besi (Fe). Bahan adsorban yang telah terkorosi untuk melepaskan Fe^{2+} oleh ion hidrogen. Kemudian ion Fe^{2+} bereaksi untuk menghasilkan sulfat untuk proses oksidasi, dan Fe^{2+} dioksidasi menjadi Fe^{3+}. Sehingga logam berat tersebut akan termineralisasi menjadi H_2O, NO_3^- / NH_4, F-, dan CO_2 oleh sulfat.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.9 Pengujian Hipotesis

Data hasil yang telah diperoleh, kemudian dilakukan uji normalitas terlebih dahulu untuk mengetahui data tersebut bedistribusi normal atau tidak normal. Uji normalitas dapat dilihat pada Tabel 4.6 sebagai berikut:

Tabel 4.6 Uji Normalitas Hasil Penyerapan Fe Berdasarkan Jenis Adsorban

Jenis Adsorban	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
Non Aktivasi	0,282	6	0,148	0,803	6	0,062
Aktivasi	0,260	6	0,200	0,894	6	0,337

Sumber: Data Primer, 2020

Uji normalitas yang digunakan pada penelitian ini adalah uji Shapiro-Wilk karena data kurang dari 50 sampel. Pada umumnya, uji Shapiro-Wilk digunakan untuk data yang memiliki sampel kurang dari 50 (Oktaviani, 2014). Dari Tabel di atas, tampak bahwa pada jenis adsorban non aktivasi dan aktivasi dengan menggunakan uji Shapiro-Wilk diperoleh nilai sig. (*p-value*) masing-masing 0,062 dan 0,337 > 0,05. Dengan demikian diperoleh keputusan bahwa hasil penyerapan logam Fe berdasarkan jenis adsorban berasal dari populasi yang berdistribusi normal. Uji Shapiro Wilk standart signifikan apabila nilainya > 0,05 maka distribusi data dinyatakan memenuhi asumsi normalitas, dan jika nilainya < 0,05 maka diinterpretasikan sebagai tidak normal (Oktaviani, 2014). Selanjutnya untuk uji normalitas hasil penyerapan Fe berdasarkan massa adsorban dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Uji Normalitas Hasil Penyerapan Fe Berdasarkan Massa Adsorban

Massa Adsorban	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
2,5 gram	0,198	6	0,200	0,913	6	0,459
5 gram	0,300	6	0,097	0,741	6	0,016

Sumber: Data Primer, 2020

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Dari Tabel di atas, tampak bahwa pada massa adsorban 2,5 gram dengan menggunakan uji Shapiro-Wilk diperoleh nilai signifikan (*p-value*) sebesar 0,459 > 0,05. Sedangkan pada massa adsorban 5 gram, diperoleh nilai signifikan (*p-value*) sebesar 0,016 < 0,05. Dengan demikian diperoleh keputusan bahwa hasil penyerapan logam Fe berdasarkan massa adsorban berasal dari populasi yang berdistribusi tidak normal. Uji Shapiro Wilk standart signifikan apabila nilainya > 0,05 maka distribusi data dinyatakan memenuhi asumsi normalitas, dan jika nilainya < 0,05 maka diinterpretasikan sebagai tidak normal (Oktaviani, 2014). Selanjutnya untuk uji normalitas hasil penyerapan Fe berdasarkan waktu kontak dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Uji Normalitas Hasil Penyerapan Fe Berdasarkan Waktu Kontak

Waktu Kontak	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
30 menit	0,299	4	.	0,900	4	0,431
60 menit	0,259	4	.	0,871	4	0,300
90 menit	0,273	4	.	0,883	4	0,351

Sumber: Data Primer, 2020

Dari Tabel di atas, tampak bahwa pada waktu kontak 30, 60, dan 90 menit dengan menggunakan uji Shapiro-Wilk diperoleh nilai sig. (*p-value*) masing-masing 0,431 ; 0,300 dan 0,351 > 0,05. Dengan demikian diperoleh keputusan bahwa hasil penyerapan logam Fe berdasarkan waktu kontak berasal dari populasi yang berdistribusi normal. Uji Shapiro Wilk standart signifikan apabila nilainya > 0,05 maka distribusi data dinyatakan memenuhi asumsi normalitas, dan jika nilainya < 0,05 maka diinterpretasikan sebagai tidak normal (Oktaviani, 2014).

Data hasil tersebut dilakukan analisis statistik non parametis dengan uji Kruskal Wallis. Uji Kruskal Wallis digunakan karena data penelitian yang diperoleh berdistribusi tidak normal. Berikut merupakan hasil uji statistik Kruskal Wallis yang disajikan pada Tabel 4.9.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.9 Uji Kruskal Wallis Berdasarkan Jenis Adsorban

Test Statistics	
Jenis Adsorban	
	Hasil Penyerapan Fe
Chi-Square	7,410
Df	1
Asymp. Sig.	0,006

Sumber: Data Primer, 2020

Berdasarkan Tabel di atas, menyatakan bahwa hasil uji Kruskal Wallis didapatkan nilai sig. (*p-value*) sebesar 0,006 < 0,05 yang artinya H0 ditolak dan Ha diterima atau **Ada Perbedaan** yang nyata (signifikan) pada variasi jenis adsorban non aktivasi dan aktivasi. Dalam artian variasi jenis adsorban aktivasi maupun non aktivasi memiliki peranan untuk menurunkan kandungan Fe, karena modifikasi komponen kimia atau temperatur pada adsorban dapat menambah atau mengembangkan volume pori dan memperbesar luas area permukaan adsorban sehingga kemampuan adsorpsi meningkat. Pada penelitian (Widayatno, 2017), yang menyatakan bahwa hasil penelitian menggunakan adsorban aktivasi dan non aktivasi memiliki efisiensi adsorpsi yang berbeda. Kemampuan penyerapan logam berat dengan menggunakan adsorban tanpa aktivasi lebih kecil, sedangkan pada adsorban yang telah diaktivasi kemampuan penyerapannya baik.

Tabel 4.10 Uji Kruskal Wallis Berdasarkan Massa Adsorban

Test Statistics	
Massa Adsorban	
	Hasil Penyerapan Fe
Chi-Square	0,923
df	1
Asymp. Sig.	0,337

Sumber: Data Primer, 2020

Berdasarkan Tabel di atas, menyatakan bahwa hasil uji Kruskal Wallis didapatkan nilai sig. (*p-value*) sebesar 0,337 > 0,05 yang artinya H0 diterima dan Ha ditolak atau **Tidak Ada Perbedaan** yang nyata (signifikan) pada

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

variasi massa adsorban 2,5 gram dan 5 gram yang telah diterapkan pada penelitian ini untuk penyerapan logam Fe pada limbah artifisial. Hal ini mungkin disebabkan karena sedikitnya variasi massa adsorban yang digunakan.

Akan tetapi, dalam penggunaan massa adsorban 2,5 gram dan 5 gram ini mampu menurunkan konsentrasi besi. Pada proses adsorpsi tergantung pada banyaknya tumbukan yang terjadi antara partikel-partikel adsorbat dan adsorban. Tumbukan efektif antara partikel itu akan meningkat dengan meningkatnya luas permukaan. Jika permukaan gugus aktif dari adsorban menjadi lebih luas, maka jumlah ion besi yang terserap pada adsorban semakin banyak.

Tabel 4.11 Uji Kruskal Wallis Berdasarkan Waktu Kontak

Test Statistics	
Waktu Kontak	
	Hasil Penyerapan Fe
Chi-Square	0,038
df	2
Asymp. Sig.	0,981

Sumber: Data Primer, 2020

Berdasarkan Tabel di atas, menyatakan bahwa hasil uji Kruskal Wallis didapatkan nilai sign. (*p-value*) sebesar 0,981 > 0,05 yang artinya H0 diterima dan Ha ditolak atau **Tidak Ada Perbedaan** yang nyata (signifikan) pada variasi waktu kontak 30, 60, dan 90 menit. Akan tetapi, dalam penggunaan waktu 30, 60, dan 90 menit ini mampu menurunkan konsentrasi besi. Hal ini mungkin disebabkan karena sedikitnya variasi waktu kontak yang digunakan atau waktu penyerapan yang kurang panjang.

Penurunan konsentrasi besi semakin meningkat seiring dengan lamanya waktu kontak. Tetapi pada penelitian ini semakin lama waktu kontak penurunan yang terjadi semakin kecil. Menurut (Wartina, 2016), menyatakan bahwa kecilnya penurunan konsentrasi besi terhadap waktu kontak ini

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah pH, sifat adsorban, sifat serapan, dan temperatur. Apabila pH asam organik dinaikkan, maka adsorpsi akan berkurang sebagai akibat dari terbentuknya garam. Sedangkan sifat adsorban seperti struktur pori, berhubungan dengan luas permukaan yang semakin besar, sehingga kecepatan dari adsorpsi bertambah. Sifat serapan juga merupakan salah satu faktor dari penurunan konsentrasi besi, banyak senyawa yang dapat diadsorpsi oleh adsorban, tetapi kemampuannya berbeda-beda. Adsorpsi akan bertambah besar sesuai dengan bertambahnya ukuran molekul serapan dari struktur yang sama. Selain itu, pada pemakaian adsorban dianjurkan untuk menyelidiki temperatur pada saat berlangsungnya proses penelitian pada saat pengontakkan dengan limbah artifisial.

4.10 Model Isoterm Adsorpsi

Tujuan dari model isoterm adalah untuk mengetahui seberapa besar massa adsorbat yang dapat diadsorpsi oleh adsorban. Isoterm freundlich terjadi adsorban memiliki lapisan multilayer, sehingga ikatannya tidak terlalu kuat. Sedangkan isoterm langmuir lapisan adsorban yang terbentuk adalah lapisan monolayer yang ikatan adsorban dengan adsorbatnya cukup kuat karena terbentuknya suatu ikatan kimia. Untuk mengetahui persamaan isoterm yang akan digunakan, maka dilakukan perhitungan dan pengeplotan data dengan menggunakan masing-masing persamaan isoterm. Kemudian akan dipilih persamaan yang akan menghasilkan garis regresi yang paling linear dengan konstanta regresi linear (R^2) yang terbesar. Penentuan isoterm adsorpsi adsorban limbah kulit singkong menggunakan konsentrasi awal besi yang telah diuji sebesar 5,36 mg/l. Isoterm adsorpsi adsorban limbah kulit singkong dapat dilihat pada Tabel 4.12

Tabel 4.12 Isoterm Adsorpsi (Langmuir dan Freundlich)

Sampel	Massa Adsorban (g)	Co-Ce (mg/l)	Ce (mg/l)	W (mg/g)	Ce/W	Log Ce	Log W
2,5 gram & 30 menit	2,5	-1	6,36	-200	-0,032	0,803	-

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Sampel	Massa Adsorban (g)	Co-Ce (mg/l)	Ce (mg/l)	W (mg/g)	Ce/W	Log Ce	Log W
2,5 gram & 60 menit	2,5	1,82	3,54	364	0,010	0,549	2,56
2,5 gram & 90 menit	2,5	1,57	3,79	314	0,012	0,579	2,50
5 gram & 30 menit	5	2,55	2,81	255	0,011	0,449	2,41
5 gram & 60 menit	5	2,68	2,68	268	0,010	0,428	2,43
5 gram & 90 menit	5	2,93	2,43	293	0,008	0,386	2,47

Sumber: Data Primer, 2020

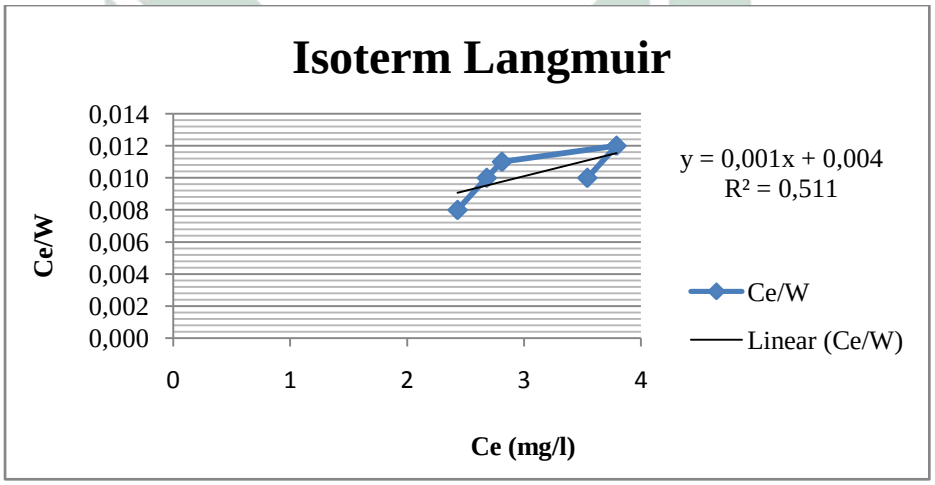
Keterangan:

Co = konsentrasi awal limbah (mg/l)

Ce = konsentrasi akhir limbah (mg/l)

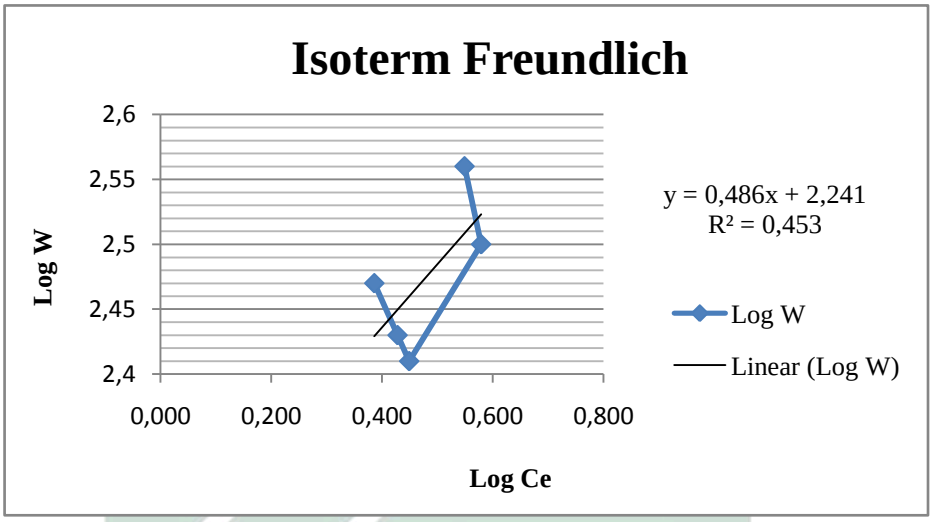
W = kapasitas adsorpsi (mg/g)

Berdasarkan Tabel 4.12, diperoleh grafik perbandingan isoterm adsorpsi langmuir dan freundlich yang dapat dilihat pada Gambar 4.11 dan Gambar 4.12.



Gambar 4.11 Isoterm Langmuir Non Aktivasi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.12 Isoterm Freundlich Non Aktivasi

Berdasarkan Gambar 4.11 dan 4.12, dapat dilihat bahwa adsorpsi logam besi dengan menggunakan adsorban dari limbah kulit singkong menggunakan persamaan langmuir, karena nilai regresi yang didapat paling besar dengan nilai R^2 = 0,511, yang mengansumsikan bahwa adsorpsi yang terjadi membentuk lapisan monolayer. Selain itu adsorpsi ini mempunyai luas permukaan yang sangat besar, karena molekul besi dapat teradsorpsi semua hanya dengan membentuk satu lapisan. Adsorpsi mempunyai kelebihan dalam pengaplikasiannya, seperti tidak membutuhkan lokasi atau area yang luas untuk prosesnya, tidak membutuhkan waktu yang lama untuk penyerapan logam beratnya, dan tidak terjadi bioakumulasi polutan seperti logam berat di dalam rantai makanan apabila vegetasi dimakan oleh konsumen tingkat kedua.

4.11 Hasil Penelitian dan Perspektif Islam

Berdasarkan hasil penelitian, dapat dikatakan bahwa adsorban dari limbah kulit singkong memiliki potensi menyerap ion logam besi pada air limbah sebesar 29,38-54,66% pada adsorban non aktivasi. Hal ini menunjukkan bahwa segala sesuatu yang diciptakan oleh Allah di muka bumi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

ini memiliki manfaat. Sebagaimana yang telah dijelaskan dalam Al-Qur'an Surat Shaad ayat 27:

وَمَا خَلَقْنَا ٱلسَّمَآءَ وَٱلْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا بَٰطِلًا ۚ ذَٰلِكَ ظَنُّ ٱلَّذِينَ كَفَرُوا۟ ۚ فَوَيْلٌ لِّلَّذِينَ كَفَرُوا۟ مِنَ ٱلنَّارِ

Artinya:

"Dan Kami tidak menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada antara keduanya tanpa hikmah. Yang demikian itu adalah anggapan orang-orang kafir, maka celakalah orang-orang kafir itu karena mereka akan masuk neraka".

Ayat tersebut menjelaskan bahwa segala sesuatu yang diciptakan oleh Allah di muka bumi ini memiliki manfaat yang dapat digunakan oleh manusia. Bahkan limbah juga dapat dimanfaatkan selagi manusia masih mau berpikir. Seperti pemanfaatan limbah kulit singkong sebagai adsorban untuk mengurangi kadar besi pada air limbah. Manusia sebagai khalifah di muka bumi ini, seharusnya melakukan upaya pengelolaan lingkungan yang telah tercemar, karena pencemaran lingkungan juga tidak terlepas dari aktivitas manusia. Sebagaimana yang telah dijelaskan dalam Surat Ar-Ruum ayat 41:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya:

"Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)".

Hasil penelitian ini memberikan petunjuk bahwa Allah SWT menciptakan segala sesuatu yang ada di muka bumi ini memiliki manfaat masing-masing. Sehingga manusia sebagai khalifah di muka bumi ini

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

hendaknya selalu bersyukur atas manfaat yang telah diberikan oleh Allah SWT dengan terus menjaga lingkungan dan terus berupaya untuk memperbaiki segala sesuatu yang ada agar menjadi lebih baik. Orang yang melakukan perbuatan baik pasti akan dibalas dengan pahala yang berlipat ganda oleh Allah SWT. Sebagaimana yang telah dijelaskan dalam Surat An-Nahl ayat 97:

مَنْ عَمِلَ صَٰلِحًا مِّن ذَكَرٍ أَوْ أُنثَىٰ وَهُوَ مُؤْمِنٌ فَلَنُحْيِيَنَّهُۥ حَيَوٰةً طَيِّبَةً ۖ وَلَنَجْزِيَنَّهُمْ أَجْرَهُم بِأَحْسَنِ مَا كَانُوا۟ يَعْمَلُونَ

Artinya:

"Barangsiapa yang mengerjakan amal saleh, baik laki-laki maupun perempuan dalam keadaan beriman, maka sesungguhnya akan Kami berikan kepadanya kehidupan yang baik dan sesungguhnya akan Kami beri balasan kepada mereka dengan pahala yang lebih baik dari apa yang telah mereka kerjakan".

Ayat tersebut menjelaskan bahwa berbuat kebajikan di dunia akan diberi oleh Allah SWT kehidupan yang lebih baik, dan pahala yang berlipat ganda.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian tersebut, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Adsorban dari limbah kulit singkong memiliki kemampuan adsorpsi logam besi (Fe) pada air limbah sebesar 29,38-54,66% pada adsorban non aktivasi. Sedangkan pada adsorban aktivasi tidak terjadi penyerapan logam besi, dan konsentrasi kadar besi meningkat melebihi konsentrasi awal dikarenakan aktivasi kimia dengan menggunakan NaOH saja hanya dapat melarutkan senyawa lignin, sedangkan mineral-mineral asam masih tertinggal, sehingga apabila pH larutan kurang dari 7 (asam), maka kadar besi pada larutan akan mengalami peningkatan, selain itu terdapat kadar besi pada adsorban sehingga proses adsorpsi kurang maksimal.
2. Kemampuan optimal penyerapan logam besi dengan menggunakan adsorban dari limbah kulit singkong terjadi pada massa adsorban 5 gram dengan waktu kontak 90 menit, yang didapat hasil penyerapan sebesar 54,66%.

5.2 Saran

Saran yang direkomendasikan untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Sebaiknya dilakukan pengecekan pH pada saat sesudah aktivasi, dan proses pengontakan air limbah dengan adsorban limbah kulit singkong, karena keadaan asam dapat meningkatkan konsentrasi besi.
2. Sebaiknya dilakukan penambahan sampel agar hasil isotermnya mendekati angka 1.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3. Sebaiknya dilakukan penambahan larutan asam setelah perendaman NaOH dan pencucian dengan aquades untuk menghilangkan mineral-mineral asam serta pengotor yang menempel pada adsorban.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR PUSTAKA

Adriansyah, R., Restiasih, E. N., & Meileza, N. (2018). Biosorpsi Ion Logam Berat Cu (II) dan Cr (VI) Menggunakan Biosorben Kulit Kopi Terxanthasi. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia* , 114-121.

Agarwal, A., & Gupta, P. K. (2014). Removal of Cu & Fe from Aqueous Solution by Using Eggshell Powder as Low Cost Adsorbent. *Journal of Pelagia Research Library*, 75-79.

Ali, L. A., Farhood, A. S., & Ali, F. F. (2017). Technique of Batch Adsorption for the Elimination of (Malachite Green) Dye from Industrial Waste Water by Exploitation Walnut Shells as Sorbent. *International Journal of Chemistry* , 211-218.

Arif, A. R. (2014). Adsorpsi Karbon Aktif dari Tempurung Kluwak (Pangium edule) Terhadap Penurunan Fenol. Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin, Makassar.

Departemen Agama RI. Al-Qur'an Tajwid dan Terjemahnya. Jakarta: PT. Assyamil Media, 2006.

Hutauruk, S. L. (2018). Kemampuan Adsorpsi $CaSiO_3$-PEG dalam Menurunkan Kadar Logam Cr dan Ni dari Limbah Elektroplating dengan Metode Kolom dan Batch. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Kimia, Universitas Sumatera Utara, Medan.

Irawati, H., Aprilita, N. H., & Sugiharto, E. (2018). Adsorpsi Zat Warna Kristal Violet Menggunakan Limbah Kulit Singkong (Manihot esculenta). *Jurnal Berkala MIPA* , 17-31.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Karim, M. A., Juniar, H., & Ambarsari, M. F. (2017). Adsorpsi Ion Logam Fe dalam Limbah Tekstil Sintesis dengan Menggunakan Metode Batch. *Jurnal Distilasi* , 68-81.

Kencanawati, C. I. P. K. (2016). Sistem Pengelolaan Air Limbah. Skripsi. Fakultas Teknik, Universitas Udayana.

Kusumawardani, R., Zaharah, T. A., & Destiarti, L. (2018). Adsorpsi Kadmium (II) Menggunakan Adsorben Selulosa Ampas Tebu Teraktivasi Asam Nitrat. *Jurnal Kimia Khatulistiwa* , 75-83.

Laos, L. E., & Selan, A. (2016). Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Karbon Aktif. *Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika* , 32-36.

M, Milka, Ivana, S,T, Sasa S, et al. (2014). Removal of Manganese and Iron from Groundwater in the Presence of Hydrogen Sulfide and Ammonia. *International Journal of Water Resource and Protection*, 1781-1792.

Maulinda, L., ZA, N., & Sari, D. N. (2015). Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Karbon Aktif. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal* , 11-19.

Mousa, K. M., & Taha, A. H. (2015). Adsorption of Reactive Blue Dye onto Natural and Modified Wheat Straw. *Journal of Chemical Engineering & Process Technology* , 1-6.

Mulyawan, R., Saefumillah, A., & Foliatini. (2015). Biosorpsi Timbal oleh Biomassa Daun Ketapang. *Jurnal Kimia* , 45-56.

Nurhasni, Mar'af, R., & Hendrawati. (2018). Pemanfaatan Kulit Kacang Tanah (Arachis hipogaea L.) sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia* , 156-167.

Oktaviani, M. A. (2014). Perbandingan Tingkat Konsistensi Normalitas Distribusi Metode Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors, Shapiro-Wilk, dan Skewness-Kurtosis. 3, 9.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya.

Putri, A., P., E. R., & R., F. (2017). Pemanfaatan Kulit Singkong Sebagai Bahan Baku Arang Aktif dengan Variasi Konsentrasi NaOH dan Suhu. *Jurnal Konversi* , 7-11.

Putri, A. R., Daud, S., & Elystia, S. (2018). Pengaruh Massa dan Ukuran Partikel Adsorben Kulit Singkong Terhadap Penyisihan Kadar COD dan BOD pada Pengolahan Limbah Cair Tahu. *Journal FTEKNIK* , 1-8.

Rafly, M. (2016). Biosorpsi Logam Timbal dengan Menggunakan Khamir Saccharomyses cerevisiae Termobilisasi Natrium Alginat. Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin, Makassar.

Ratnaningrum, H. (2011). Biosorpsi Kromium Heksavalen Menggunakan Konsorsium Mikroalga Terimmobilisasi. Skripsi. Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Rocha, P. D., Franca, A. S., & Oliveira, L. S. (2015). Batch and Coloumn Studies of Phenol Adsorption by an Activated Carbon Based on Acid Treatment of Corn Cobs. *International Journal of Engineering and Technology* , 459-464.

Widayatno, T., Yuliawati, T., & Susilo, A. A. (2017). Adsorpsi Logam Berat (Pb) dari Limbah Cair dengan Adsorben Arang Bambu Aktif. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 17-23.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id