KEMAMPUAN ADSORPSI DARI KULIT SINGKONG SEBAGAI BIOADSORBEN TERHADAP LOGAM BERAT SENG (Zn) DENGAN SISTEM KONTINYU

TUGAS AKHIR

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Disusun Oleh:

RISMA AWWALIN NISYA

NIM: H05216020

PROGRAM STUDI TEKNIK LINNGKUNGAN

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL

SURABAYA

2021

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Risma Awwalin Nisya

NIM : H05216020

Program Studi : Teknik Lingkungan

Angkatan : 2016

Menyatakan bahwa tidak melakukan plagiat dalam penulisan tugas akhir saya berjudul "KEMAMPUAN ADSORPSI DARI KULIT SINGKONG SEBAGAI BIOADSORBEN TERHADAP LOGAM BERAT SENG (Zn) DENGAN SISTEM KONTINYU". 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, 14 Januari 2021

Yang Menyatakan

METERAI TEMPEL

FF657ADF683096165

6000

ENAM RIBU RUPIAH

(Risma Awwalin Nisya)

NIM. H05216020

Scanned with CamScanner

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir Oleh:

Nama : Risma Awwalin Nisya

Nim : H05216020

Judul : Kemampuan Adsorpsi Dari Kulit Singkong Sebagai Bioadsorben Terhadap Logam Berat Seng (Zn) Dengan Sistem Kontinyu

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 7 Januari 2021

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Yusrianti, M.T.	Arqowi Pribadi, M. Eng
NIP. 198210222014032001	NIP. 198701032014031001

PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Tugas Akhir Risma Awwalin Nisya ini telah dipertahankan

Didepan tim penguji

Di Surabaya, 7 Januari 2021

Mengesahkan,

Tim Penguji

Dosen Penguji I	Dosen Penguji II
Yusrianti, M.T.	Arqowi Pribadi, M. Eng
NIP. 198210222014032001	NIP. 198701032014031001
Dosen Penguji III	Dosen Penguji IV
Shinfi Wazna Auvaria, M.T	Linda Prasetyaning Widayanti, M. Kes
NIP. 198603282015032001	NIP. 198704172014032003

Mengetahui,

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 : Risma Awwalin Nisya
NIM : H05216020
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI/ TEKNIK LINGKUNGAN
E-mail address : risma.awwalin.nisya@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :
☒ Sekripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (……)
yang berjudul :
KEMAMPUAN ADSORPSI DARI KULIT SINGKONG SEBAGAI BIOADSORBEN TERHADAP LOGAM BERAT SENG (Zn) DENGAN SISTEM KONTINYU

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, 7 Januari 2021

Penulis

(Risma Awwalin Nisya)

ABSTRAK

KEMAMPUAN ADSORPSI DARI KULIT SINGKONG SEBAGAI BIOADSORBEN TERHADAP LOGAM BERAT SENG (Zn) DENGAN SISTEM KONTINYU

Kulit singkong adalah suatu limbah yang dihasilkan dari pengupasan pengolahan produk yang berbahan dasar singkong. Salah satu pemanfaatan limbah kulit singkong yang mengandung selulosa yaitu digunakan sebagai bahan dari bioadsorben untuk mengadsorpsi logam berat. Seng merupakan salah satu logam berat yang dihasil dari berbagai kegiatan manusia yang dapat mengakibatkan keracunan pada manusia dan kerusakan pada lingkungan. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kemampuan adsorpsi bioadsorben dari kulit singkong terhadap logam seng (Zn) dengan sistem kontinyu, dan dapat mengetahui perbedaan adsorpsi dari variasi laju alir dan *bed depth*. Metode penelitian ini yaitu penelitian eksperimental dan untuk analisis data menggunakan kruskal wallis, dengan variasi laju alir yang digunakan yaitu 2 mL/menit, 4 mL/menit, dan 6 mL/menit dan *bed depth* 12 cm, 15 cm, dan 18 cm. Hasil dari penelitian ini yaitu menunjukkan bahwa efesiensi terbesar penyerapan seng terdapat pada laju alir 2 mL/menit dengan bed depth 15 cm dengan persentase sebesar 92,6% dari kadar awal limbah artifisial sebesar 5,726 mg/L menjadi 0,424 mg/L. Berdasarkan data hasil uji statistik nilai probabilitas 0,00 kurang dari nilai α (sig. < 0,05), maka dapat disimpulkan bahwa kemampuan penyerapan atau adsorpsi pada variasi laju alir terdapat perbedaan yang signifikan. Sedangkan untuk variasi bed depth tidak terdapat perbedaan yang signifikan.

Kata Kunci: Kulit Singkong. Bioadsorben, Seng (Zn), Efesiensi Adsorpsi

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

ADSORPTION CAPABILITY OF CASSAVA PEEL AS A BIOADSORBENT AGAINST HEAVY METALS (Zn) WITH A CONTINOUS SYSTEM

Cassava peel is a waste produce from stripping the processing of products made from cassava. One of the uses of waste from cassava peels containing cellulose is used as an ingredient in bioadsorbents to adsorb heavy metals. Zinc is a heavy metal that is produced from various human activities which can cause poisoning in humans and damage to the environment. The purpose of this study was to determine the adsorption ability of bioadsorbent from cassava peels against zinc (Zn) using a continuous system, and to know the difference in adsorption from variations in flow rate and bed depth. The method of this research is experimental research and for data analysis using kruskal wallis, with variations in the flow rate used, namely 2 mL / minute, 4 mL / minute, and 6 mL / minute and a bed depth of 12 cm, 15 cm and 18 cm. The results of this study indicate that the efficiency of zinc absorption is at a flow rate of 2 mL / minute with a bed depth of 15 cm with a percentage of 92,6% from the initial artificial waste content of 5.726 mg / L to 0.424 mg / L. Based on the statistical test data, the probability value of 0.00 is less than the value of α (sig. <0.05), it can be concluded that there is a significant difference in the absorption or adsorption ability of the flow rate variation. As for the variation in bed depth, there is no significant difference.

Keywords*: Cassava Peel. Bioadsorbent, Zinc (Zn), Adsorption Efficiency*

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

PERNYATAAN KEASLIAN ..... **i**
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING ..... **ii**
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI ..... **iii**
LEMBAR PERNYATAAN PUBLIKASI ..... **iv**
ABSTRAK ..... **v**
ABSTRACT ..... **vi**
DAFTAR ISI ..... **vii**
DAFTAR TABEL ..... **x**
DAFTAR GAMBAR ..... **xii**
BAB 1 PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian 4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA **5**
2.1 Logam Berat dan Industri yang menghasilkan Limbah Zn 5
2.2 Seng (Zn) 7
2.3 Adsorpsi 8
2.3.1 Adsorpsi Fisika (*Physical Adsorption*) 8
2.3.2 Adsorpsi Kimia (*Chemical Adsorption*) 9
2.3.3 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi 9
2.4 Bioadsorben 12
2.4.1 Proses Pembuatan Bioadsorben 13
2.5 Kulit Singkong 14
2.6 Adsorpsi Sistem Kontinyu 15
2.7 Statistik Kruskal Wallis 16
2.8 Integrasi Keilmuan 17
2.9 Penelitian Terdahulu 18

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 26
3.1 Lokasi Penelitian 26
3.2 Waktu Penelitian 26
3.3 Tahapan Penelitian 26
3.3.1 Kerangka Pikir Penelitian 26
3.3.2 Tahapan Penelitian 27
3.3.3 Rancangan Percobaan 29
3.4 Alat dan Bahan 30
3.4.1 Alat 30
3.4.2 Bahan 30
3.5 Langkah Kerja Penelitian 30
3.5.1 Pembuatan Bioadsorben dari Kulit Singkong 30
3.5.2 Pembuatan Air Limbah Artifisial Seng (Zn) 34
3.5.3 Pengujian Variasi Laju Alir Kolom Adsorpsi 36
3.5.4 Pengujian Variasi *Bed Depth* Bioadsorben 37
3.5.5 Karakterisasi Biadosorben Kulit Singkong 37
3.5.6 Preparasi Reaktor 37
3.5.7 Desain Reaktor 38
3.6 Metode Analisis Data 38
3.7 Hipotesis Penelitian 39
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 41
4.1 Persiapan Bahan dari Kulit Singkong 41
4.2 Aktivasi Kulit Singkong 42
4.3 Preparasi Reaktor 43
4.4 Pembuatan Limbah Artifisial 44
4.5 Hasil Penelitian 46
4.5.1 Pengujian Variasi Laju Alir dengan dengan *Bed Depth* 12 cm 46
4.5.2 Pengujian Variasi Laju Alir dengan dengan *Bed Depth* 15 cm 51
4.5.3 Pengujian Variasi Laju Alir dengan dengan *Bed Depth* 18 cm 57
4.5.4 Pengujian Variasi *Bed Depth* dengan laju alir 2 mL/menit 65
4.5.5 Pengujian Variasi *Bed Depth* dengan laju alir 4 mL/menit 71
4.5.6 Pengujian Variasi *Bed Depth* dengan laju alir 6 mL/menit 76

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

4.6 Integrasi Keilmuan dan Keislaman 84
BAB 5 PENUTUP.....86
5.1 Kesimpulan..... 86
5.2 Saran 87
DAFTAR PUSTAKA 88

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 2. 1 Penelitian Terdahulu..... 18
Tabel 3. 1 Rancangan Percobaan.....29
Tabel 4. 1 Data Hasil Kadar Seng (Zn) pada Bed Depth 12 cm 46
Tabel 4. 2 Efesiensi penyerapan Seng (Zn) pada Bed Depth 12 cm 47
Tabel 4. 3 Uji test normalitas dengan shapiro wilk pada bed depth 12 cm..... 50
Tabel 4. 4 Uji test homogenitas pada bed depth 12 cm..... 51
Tabel 4. 5 Data Hasil Kadar Seng (Zn) pada *Bed Depth* 15 cm..... 52
Tabel 4. 6 Efesiensi penyerapan Seng (Zn) pada *Bed Depth* 15 cm 53
Tabel 4. 7 Uji test normalitas dengan shapiro wilk pada bed depth 15 cm..... 56
Tabel 4. 8 Uji Test Homogenitas Pada Bed Depth 15 cm..... 57
Tabel 4. 9 Data Hasil Kadar Seng (Zn) pada *Bed Depth* 18 cm..... 58
Tabel 4. 10 Efesiensi penyerapan Seng (Zn) pada *Bed Depth* 18 cm 59
Tabel 4. 11 Uji Test Normalitas Dengan Shapiro Wilk Pada Bed Depth 18 cm . 62
Tabel 4. 12 Uji Test Homogenitas Pada Bed Depth 18 cm..... 63
Tabel 4. 13 Data Hasil Nilai Ranks pada Variasi Laju Alir 64
Tabel 4. 14 Hasil Uji Statistik dengan Kruskal Wallis pada Variasi Laju Alir.... 64
Tabel 4. 15 Data Hasil Kadar Seng (Zn) pada Laju Alir 2 mL/menit 66
Tabel 4. 16 Efesiensi penyerapan Seng (Zn) Laju Alir 2 mL/menit 67
Tabel 4. 17 Uji Test Normalitas Dengan Shapiro Wilk Pada laju alir 2 mL/menit 70
Tabel 4. 18 Uji Test Homogenitas Pada laju alir 2 mL/menit..... 70
Tabel 4. 19 Data Hasil Kadar Seng (Zn) pada Laju Alir 4 mL/menit 71
Tabel 4. 20 Efesiensi penyerapan Seng (Zn) Laju Alir 4 mL/menit 72
Tabel 4. 21 Uji Test Normalitas Dengan Shapiro Wilk Pada laju alir 4 mL/menit 75
Tabel 4. 22 Uji Test Homogenitas Pada laju alir 4 mL/menit..... 76
Tabel 4. 23 Data Hasil Kadar Seng (Zn) pada Laju Alir 6 mL/menit 77
Tabel 4. 24 Efesiensi penyerapan Seng (Zn) Laju Alir 6 mL/menit 78
Tabel 4. 25 Uji Test Normalitas Dengan Shapiro Wilk Pada laju alir 6 mL/menit 81

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. 26 Uji Test Homogenitas Pada laju alir 6 mL/menit..... 82
Tabel 4. 27 Nilai Rank pada Variasi *Bed Depth* 83
Tabel 4. 28 Hasil Uji Statistik dengan Kruskal Wallis pada Variasi *Bed Depth*.. 83

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. 3 Kulit Singkong 15
Gambar 3. 1 Kerangka Pikir Penelitian 27
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian 28
Gambar 3. 3 Tahapan Pembuatan Larutan Aktivasi 32
Gambar 3. 4 Tahapan Pembuatan Bioadsorben 33
Gambar 3. 5 Tahapan Pembuatan Limbah Artifisial Zn 36
Gambar 3. 6 Desain Kolom Adsorpsi 38
Gambar 4. 1 Kulit singkong yang dicuci 41
Gambar 4. 2 Kulit singkong yang sudah dipotong-potong 41
Gambar 4. 3 Aktivasi kulit singkong dengan larutan H_3PO4 42
Gambar 4. 4 Preperasi Reaktor 44
Gambar 4. 5 Grafik Efesiensi Adsorpsi Seng (Zn) pada Bed Depth 12 cm 48
Gambar 4. 6 Grafik Efesiensi Adsorpsi Seng (Zn) pada *Bed Depth* 15 cm 54
Gambar 4. 7 Grafik Efesiensi Adsorpsi Seng (Zn) pada *Bed Depth* 18 cm 60
Gambar 4. 8 Grafik Efesiensi Adsorpsi Seng (Zn) pada Laju Alir 2 mL/menit.. 67
Gambar 4. 9 Grafik Efesiensi Adsorpsi Seng (Zn) pada Laju Alir 4 mL/menit.. 73
Gambar 4. 10 Grafik Efesiensi Adsorpsi Seng (Zn) pada Laju Alir 6 mL/menit 79

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

Di Indonesia singkong atau bisa juga disebut ubi kayu merupakan salah satu tanaman yang dapat dijadikan sebagai bahan pangan untuk pengganti beras yang memiliki peranan cukup penting dalam menunjang ketahanan pangan terhadap suatu wilayah. Selain dapat menjadi pengganti beras, singkong (ubi kayu) juga bisa dijadikan sebagai bahan pakan ternak dan bahan baku bagi industri. Kulit singkong adalah suatu limbah yang dihasilkan dari pengupasan pengolahan produk yang berbahan dasar umbi singkong. Menurut Badan Pusat Statistik di Indonesia perkembangan produksi ubi kayu (singkong) mengalami penurunan pada tahun 2014 – 2017, dimana pada tahun 2015 mengalami penurunan sebesar 7%, tahun 2016 sebesar 7%, tahun 2017 6%, sedangkan pada tahun 2018 mengalami kenaikan sebesar 2% (Badan Pusat Statistik, 2018).

Kulit singkong ialah salah satu limbah yang dapat digunakan sebagai bioadsorben. Bioadsorben merupakan suatu jenis bahan yang digunakan dalam proses adsorpsi. Bahan baku dari bioadsorben ini dapat berasal dari tumbuh – tumbuhan maupun limbah yang mengandung selulosa. Bahan – bahan dari bioadsorben yang sering digunakan yaitu rumput laut, limbah sagu, empulur pisang dan limbah bunga matahari dan singkong (Seepe, 2015).

Kulit singkong mengandung selulosa non-reduksi, protein, dan serat kasar yang tinggi. Sedangkan kandungan lain yang terdapat pada kulit singkong yaitu karbon (C) sebesar 59,31%, hidrogen (H) sebesar 9,78%, oksigen (O) sebesar 28,74%, Nitrogen (N) sebesar 2,06%, Sulfur (S) sebesar 0,11%, dan Air (H_2O) sebesar 11,4% (Akanbi, 2007 dalam Saputro dkk., 2018). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Yusuf Bohari, dkk (2014) kulit singkong mengandung selolusa yang dapat menurunkan kadar logam berat. Selulosa adalah senyawa non-reduksi yang dapat mengalami modifikasi gugus sehingga menghasilkan gugus karboksil (-COO-) 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

hidroksil (-OH) pada biomassa kulit singkong yang dapat mengikat logam berat. Kulit singkong sendiri mengandung 7,2% lignin, 13,8% selulosa dan 11% hemiselulosa (Susanti & Priamsari, 2016).

Pada bidang lingkungan, kulit singkong dapat digunakan sebagai arang aktif dan bioadsorben untuk adsorpsi logam berat seperti Hg (Merkuri), Pb (Timbal), Cd (Kadmium), Ni (Nikel), Cu (Tembaga), Zn (Seng), dan Fe (Besi) (Lempang, 2014 dalam Sarasati dkk., 2018). Seng (Zn) adalah logam berat yang beracun dan dapat menyebabkan keracunan jika terakumulasi pada tubuh manusia. Menurut Permenkes RI Nomor 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum tingkat maksimum kandungan Zn yang diperbolehkan pada air minum adalah 3 mg/L. Pencemaran logam berat Seng (Zn) merupakan salah satu bentuk kerusakan pada lingkungan sebagai mana dijelaskan pada Q.S. ar-Ruum [30]:41 yang artinya "Telah tampak kerusakan di darat dan dilaut disebabkan karena perbuatan tangan manusia; Allah Menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)".

Beberapa metode yang digunakan dalam mengurangi kadar logam berat dalam limbah cair atau industri pelapisan logam yaitu pengendapan, adsorpsi, penukar ion (*ion exchange*) menggunakan resin, dan filtrasi. Dari metode tersebut metode yang paling banyak digunakan yaitu metode adsorpsi, karena metode adsorpsi merupakan metode yang memiliki konsep sederhana dan ekonomis. Proses adsorpsi merupakan proses penyerapan logam berat dan salah satu bagian dari pengolahan limbah dengan bahan bioadsorben yang digunakan yaitu zeolite, karbon aktif, pelet, gel silika, dan bioadsorben (Pandia & Warman, 2017).

Pada penelitian sebelumnya beberapa peneliti menggunakan bioadsorben dari kulit singkong pernah dilakukan oleh Tepare dkk (2019), dan Candrawati dkk (2017). Akan tetapi, pada penelitian tersebut pada umumnya masih menggunakan sistem *batch*, yang dimana dalam sistem *batch* bioadsorben dicampurkan dengan sampel larutan dan mengamati perubahan kulitasnya pada waktu tertentu. Dari beberapa

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

penelitian yang dilakukan oleh Rosita dkk (2019), Saputro dkk (2018), mengenai adsorpsi terhadap logam berat dengan sistem kontinyu. Dapat disimpulkan jika sampel larutan di kontakkan secara terus – menerus (kontinyu) dengan bioadsorben, maka bioadsorben dapat mengadsorpsi dengan optimal. Oleh sebab itu sistem kontinyu lebih menguntungkan dan lebih efisien jika digunakan pada skala besar dibandingkan dengan sistem *batch*. Pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan adsorpsi bioadsorben dari kulit singkong terhadap logam berat seng (Zn) dengan menggunakan sistem kontinyu dan mengetahui perbedaan kemampuan adsorpsi pada variasi laju alir dan *bed depth* bioadsorben.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan masalah pada penelitian ini, sebagai berikut:

1. Bagaimana kemampuan adsorpsi bioadsorben dari kulit singkong terhadap logam berat seng (Zn) dengan menggunakan sistem kontinyu?
2. Apakah ada perbedaan kemampuan adsorpsi pada variasi laju alir adsorpsi?
3. Apakah ada perbedaan kemampuan adsorpsi pada variasi *bed depth* bioadsorben?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui persentase maksimal kemampuan adsorpsi bioadsorben dari kulit singkong terhadap logam seng (Zn) menggunakan sistem kontinyu.
2. Mengetahui perbedaan kemampuan adsorpsi pada variasi laju alir adsorpsi.
3. Mengetahui perbedaan kemampuan adsorpsi pada variasi *bed depth* bioadsorben.

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

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini yaitu:

1. Memanfaatkan limbah kulit singkong menjadi bioadsorben untuk dapat mengadsorpsi logam berat seng (Zn) dalam air.
2. Memahami dan menerapkan metode adsorpsi dengan sistem kontinyu.
3. Mengetahui perbedaan kemampuan adsorpsi pada variasi laju alir dan *bed depth*.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini memiliki batasan – batasan tertentu, yaitu:

1. Penelitian ini hanya berskala laboratorium.
2. Bahan yang digunakan dalam bioadsorben (bioadsorben) yaitu limbah kulit singkong.
3. Bioadsorben yang digunakan berbentuk serbuk dengan ukuran 100 mesh (0,149 mm).
4. Penelitian ini menggunakan satu jenis aktivator yaitu H_3PO_4 2%.
5. Penelitian ini hanya membahas mengenai kemampuan adsorpsi bioadsorben kulit singkong terhadap logam berat seng (Zn).
6. Penelitian ini dilakukan secara kontinyu.
7. Variasi yang dilakukan adalah:
   a. Variasi laju alir limbah ke dalam kolom.
   b. Variasi *bed depth* bioadsorben.
8. Waktu kontak 8 jam
9. Menggunakan statistik kruskal wallis.

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
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Logam Berat dan Industri yang menghasilkan Limbah Zn

Logam merupakan zat yang memiliki kandungan konduktivitas listrik yang tinggi, mengkilap, dan memiliki kelenturan. Distribusi logam yang terjadi di atmosfer dapat diketahui dari sifat logam dan berbagai faktor lingkungan yang mempengaruhi (Khlif & Hamza-Chaffai, 2010 dalam Adhani & Husaini, 2017).

Kriteria logam berat dengan kriteria logam lainnya memiliki kriteria yang tergolong sama. Perbedaan dari logam berat dengan logam lainnya yaitu pengaruh yang diakibatkan ketika logam berat berikatan dan masuk ke dalam makhluk hidup atau mikroorganisme. Bioakumulasi terhadap logam berat yang tidak dapat didegradasi ataupun dihancurkan dapat menjadi zat berbahaya. Bioakumulasi merupakan suatu proses peningkatan konsentrasi zat kimia yang terjadi pada tubuh mahluk hidup dalam waktu yang cukup lama, dibandingkan dengan proses konsentrasi zat kimia yang terdapat pada alam. Logam berat seperti air raksa (Hg), kadmium (Cd), timah (Pb), dan khrom (Cr) dapat menjadi racun dan berbahaya terhadap makhluk hidup. Logam berat juga dapat dibutuhkan oleh makhluk hidup ddalam jumLah kadar yang sedikit. Logam atau mineral esensial tubuh merupakan logam yang dibutuhkan oleh makhluk hidup. Contoh dari logam esensial yaitu logam berat seperti seng (Zn), nikel (Ni), dan tembaga (Cu).

Logam berat seperti arsenik, kadmium, kromium, tembaga, timah, nikel, dan seng menjadi logam berat yang sering ditemukan dalam limbah cair. Logam – logam berat tersebut dapat menimbulkan risiko bagi makhluk hidup dan lingkungan. Ada beberapa sumber kegiatan yang dapat menghasilkan logam berat yaitu pertambangan, limbah industri, pembuangan limbah, pelapukan alami kerak bumi, erosi tanah, pestisida, dan banyak 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

Menurut Sutamihardja (2006), ada beberapa sifat logam berat yangdapat membahayakan manusia dan lingkungan yaitu:

a. Konsentrasi pada logam berat dapat terakumulasi dalam makhluk hidup atau dapat mengalami bioakumulasi dan biomagnifikasi.
b. Logam berat yang sulit untuk didegradasi maka dapat terakumulasi pada lingkungan.
c. Logam berat mudah terakumulasi pada sedimen, sehingga dapat menghasilkan konsentrasi lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi logam pada air.

Sumber pencemaran logam berat dibagi menjadi dua sumber yaitu sumber alami dan sumber buatan. Sumber alami (Sutamihardja, 2006) memiliki ciri – ciri yaitu:

1. Daerah pantai (*coastal supply*), yang berasal dari sungai, abrasi oleh aktivitas gelombang.
2. Dari logam yang dihasilkan dari aktivitas gunung berapi dan logam yang dihasilkan pada proses kimiawi.
3. Dari lingkungan daratan dan dekat pantai, termasuk logam yang dibawa oleh ikan yang berupa partikel debu.

Logam berat dari sumber buatan berupa dihasilkan dari kegiatan industri atau pertambangan. Jenis logam yang termasuk ke dalam kategori logam berat yaitu: Aluminium (Al), *Antimony* (Sb), *Cadmium* (Cd), *Chromiu* (Cr), *Cobalt* (Co), Merkuri (Hg), *Cufrum* (Cu), *Ferrum* (Fe), *Manganese* (Mn), *Salenium* (Se), *Silver* (Ag), *Plumbum* (Pb), *Vanadium* (V) dan *Zinc* (Zn). Logam berat yang sangat berbahaya yaitu apabila kadar yang terlarut dalam tubuh manusia cukup tinggi atau melebihi ambang batas baku mutu seperti; Merkuri (Hg), Cadmium (Cd), Plumbum (Pb), Chromium (Cr), Cufrum (Cu), Cobalt (Co). Logam-logam berat tersebut memiliki sifat sangat toksik yang dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui beberapa cara yaitu pernafasan, penetrasi kulit, dan makanan (Sutamihardja, 2006 dalam Ashani & Husaini, 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

2.2 Seng (Zn)

Zinc memiliki nomor atom 30 dan massa atom 65,38 memiliki konfigurasi elektron [Ar] $3d^{10}$ $4s^2$, dan pada SPU Zn terletak pada periode 4 dan golongan IIB. Wujud Zn berwarna putih kebiruan, mudah ditempa dan liat pada suhu 110 – 150˚C. Zn melebur pada suhu 410˚C dan mendidih pada suhu 906˚C. Seng suatu logam yang murni, terlarut sangat lambat dalam asam dan dalam alkali.

Logam seng memiliki sifat fisik dan sifat kimia yaitu mempunyai berat molekul 161,4, dan unsur pertama golongan dua belas. Seng memiliki warna putih kebiruan, berkilau, dan bersifat diamagnetik. Larutan memberikan reaksi asam terhadap lakmus dan Zn yang memilki konsentrasi lebih besar dari 5 mg/L di dalam air dapat menyebabkan rasa pahit. Seng dalam air juga dihasilkan dari limbah industri.

Sebagian besar seng larut dalam air maka memungkinkan untuk memberikan efek toksik atau berbahaya. Sumber Zn yang masuk ke lingkungan perairan yang melalui hasil pembuangan industri, seperti pengelasan logam. Pada kadar Zn yang berlebih dalam tubuh, logam Zn dapat mengalami keracunan. Gejala keracunan yang diakibatkan oleh Zn yaitu muntah, kram perut, diare dan mual berkepanjangan. Jika gejala tersebut tidak segera ditangani lebih kanjut, maka akan menyebabkan sakit kuning, demam, tekanan darah rendah, kalkulirenalis, dan proteinuria, bahkan kematian. Oleh karena itu, untuk melindungi kesehatan masyarakat maka diperlukan penghilangan logam ini dari air dan air limbah (Vania, 2016).

Seng (Zn) banyak digunakan dalam industri seperti galvanisasi, cat, baterai, peleburan, pupuk dan pestisida, pembakaran bahan bakar fosil, zat penstabil polimer, dll, dan air limbah dari industri ini dapat tercemar seng, karena keberadaannya dalam jumlah besar. Elektroplating merupakansalah satu proses penting yang terlibat dalam finishing permukaan dan deposisi logam dalam kegiatan dekorasi yang lebih baik (Parmar & Thakur, 2013)

Pengolahan limbah cair pada industri pelapisan logam dapat dilakukan dengan beberapa pengolahan yaitu dengan pengolahan utama

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

terdiri dari unit pencampur statis (*static mixer*), bak koagulasi – flokulasi, saringan multimedia (kerikil, pasir, karbon, mangan zeolit), *activated carbon filter*, dan *ion exchange filter*. Pada proses pengolahan dilakukan dengan memompa air limbah dari bak penampung, selanjutnya diinjeksi dengan bahan kimia ferrosulfat dari PAC (*Poly Allumunium Chloride*), kemudain dihomogenkan dengan *static mixer* dan dialirkan ke bak koagulasi – flokulasi dengan waktu tinggal selama 2 jam. Selanjutnya dialirkan ke pengolahan saringan multimedia, saringan karbon aktif, dan *ion exchange* (Said, 2010).

2.3 Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses akumulasi adsorbat pada permukaan bioadsorben yang disebabkan oleh gaya tarik antar molekul atau interaksi kimia atau suatu akibat dari medangaya pada permukaan padatan (bioadsorben) yang menarik molekul – molekul gas/uap atau cairan. Proses adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan padatan yang tidak seimbang. Adanya gaya ini, padatan cenderung menarik molekul-molekul lain yang bersentuhan dengan permukaan padatan, baik fasa gas atau fasa larutan ke dalam permukaannya. Akibatnya konsentrasi molekul pada permukaan menjadi lebih besar daripada dalam fasa gas zat terlarut dalam larutan. Pada adsorpsi interaksi antara bioadsorben dengan adsorbat hanya terjadi pada permukaan bioadsorben (Tandy, 2012). Zat terlarut yang tertahan pada permukaan zat padat dalam proses adsorpsi disebut adsorbat sedangkan tempat dimana larutan tertahan disebut bioadsorben (Rashed, 2013).

Mekanisme penyerapan dapat dibedakan menjadi dua yaitu, serapan secara fisika (fisisorpsi) dan serapan secara kimia (kemisorpsi) (Hasrianti, 2013).

2.3.1 Adsorpsi Fisika (*Physical Adsorption*)

Pada proses adsorpsi fisika gaya yang mengikat adsorbat oleh bioadsorben adalah gaya gaya van der Waals (Shafirinia dkk., 2016). Karena, pada proses penyerapan zat yang diserap dapat

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

lepas kembali ke dalam pelarut, kalor pada adsorpsi memiliki jumLah yang kecil yaitu sebesar 5-10 kkal/mol, kecepatan pembentukan ikatan cukup tinggi, regenerasi dapat dilakukan, terjadi pada suhu rendah, jika semakin tinggi suhu maka tingkat penyerapan semakin kecil.

2.3.2 Adsorpsi Kimia (*Chemical Adsorption*)

Ikatan kimia yang irreversible, dikarenakan proses penyerapan tidak dapat dilepas kembali ke dalam pelarut, kalor pada adsorpsi memiliki jumlah yaitu sebesar 10-100 kkal/mol. Kecepatan pembentukan ikatan yang terjadi bisa lambat dan bisa cepat, tergantung besarnya energi aktivasi yang dihasilkan. Ketika suhu makin tinggi maka tingkat penyerapan semakin besar. (Hasrianti, 2013).

2.3.3 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Adsorpsi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu:

A. Jenis-jenis Adsorben

Berbagai jenis adsorben dapat dibedakan menjadi adsorben alami dan adsorben sintetis. Adsorben alami yaitu arang, mineral tanah liat, zeolit, lempung, dan bijih. Bahan-bahan alami ini, memiliki nilai relatif murah, mudah didapatkan dan memiliki potensi signifikan untuk dimodifikasi dalam meningkatkan kemampuan adsorpsi mereka.

Adsorben sintetis adalah adsorben yang bahannya dibuat dari produk – produk pertanian dan limbah seperti limbah rumah tangga, limbah industri, limbah lumpur dan bioadsorben polimer. Setiap adsorben memiliki karakteristiknya sendiri seperti porositas, struktur pori dan sifat penyerapan pada permukaannya. Banyak bahan limbah yang digunakan termasuk limbah buah, tempurung kelapa, ban bekas, kulit kayu dan bahan kaya tanin lainnya, serbuk gergaji, sekam padi, limbah minyak bumi, limbah pupuk, fly ash, limbah industri gula, limbah pengolah chitosan dan makanan laut, rumput laut

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

dan ganggang, lumut gambut, tanah liat, lumpur merah, zeolit, sedimen dan tanah, bijih mineral dll (Rashed, 2013).

B. Adsorbat (Kandungan Limbah yang di adsorpsi)

Jika zat yang teradsorsi merupakan elektrolit maka adsorpsi akan berjalan lebih cepat dan hasil adsorpsi lebih banyak jika dibandingkan dengan larutan non elektrolit. Hal ini disebabkan karena larutan elektrolit terionisasi sehingga didalam larutan terdapat ion-ion dengan muatan berlawanan yang menyebabkan gaya tarik-menarik Van der Waals semakin besar, dan menjadikan daya adsorpsi semakin besar.

C. Konsentrasi Masing – Masing Zat

Jika konsentrasi (C) makin besar, maka jumlah solute yang teradsorpsi semakin besar. Hal ini sesuai dengan Persamaan Frendlich:

$q = kf.Ce^{\frac{l}{n}}$ ..... (1)

Atau $log(qe) = log(Kf) + \frac{1}{n}.\log(Ce)$ ..... (2)

Dimana:

X/m atau q = kapasitas adsorpsi

K = konstanta Freundlich

c = konsentrasi adsorbat dalam larutan pada saat kesetimbangan (mg/L)

l/n = ketidaklinieran (tanpa satuan) (Shafirinia et al., 2016).

D. Luas Permukaan

Makin luas permukaan bioadsorben yaitu dimana ukuran bioadsorben semain kecil, maka adsorpsi yang terjadi semakin besar. Ini dapat disebabkan oleh zat yang terserap atau menempel pada permukaan bioadsorben bertambah. Hal ini menyebabkan bagian yang semula tidak berfungsi sebagai permukaan (bagian dalam) setelah dihaluskan akan berfungsi sebagai permukaan.

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

E. Tekanan

Jika tekanan diperbesar molekul – molekul adsorbat akan lebih cepat terserap (adsorpsi), akibatnya jumlah adsorbat atau logam berat yang terserap semakin banyak. Maka, tekanan dapat memperbanyak jumlah zat yang terserap (adsorpsi). Oleh sebab itu, untuk mengetahui nilai tersebut dapat dilihat pada persamaan Harkins:

$$\log P = B - \frac{S}{V} \text{ atau } \ln P = -d\,\frac{(A^2+1)}{2KT} \text{..... (3)}$$

Dimana:

V = jumLah mol yang diadsorpsi

P = tekanan gas (atm),

B = konsentrasi (mol/detik),

A = konstanta Boltzman,

T = suhu mutlak (˚K)

Jika B dan S tetap, maka makin besar tekanan, mol zat yang teradsorpsi semakin besar.

F. Daya Larut Terhadap Adsorben

Proses adsorpsi akan terhambat jika daya larut tinggi karena gaya untuk melarutkan adsorbat berlawanan dengan gaya tarik bioadsorben terhadap adsorbat.

G. Pengadukan

Jika dilakukan pengadukan, semakin cepat pengadukan maka molekul-molekul adsorbat dan bioadsorben akan saling bertumbukan sehingga akan memercepat proses adsorpsi (Widayatno et al., 2017).

H. Waktu Kontak

Menurtu Khasanah (2009) waktu untuk mencapai keadaan setimbang pada proses serapan logam oleh bioadsorben berkisar antara beberapa menit hingga beberapa jam. Waktu tercapainya keadaan setimbang pada proses adsorpsi adalah berbeda-beda. Hal ini dipengaruhi oleh jenis interaksi yang terjadi antara bioadsorben dengan adsorbat.

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

Secara umum, waktu tercapainya kesetimbangan adsorpsi melalui mekanisme secara fisika (*physisorption*) lebih cepat dibandingkan dengan melalui mekanisme secara kimia (*chemisorptions*) (Castellans, 1982 dalam (Hasrianti, 2013). Menurut beberapa penelitian oleh (Suhaeri & Side, 2014), (Abdallah et al., 2019) dan (Radnia et al., 2013) waktu optimum dalam penyerapan logam berat oleh bioadsorben dengan sistem kontinyu yaitu selama 12 jam. Akan tetapi, menurut penelitian (Fajrianti et al., 2016), Atminingtyas dkk., (2016), Katherine & Arie, (2016), dan Tedi & Wiratama, (2016) menyebutkan bahwa waktu rata – rata maksimal penyerapan logam berat yaitu 8 jam.

I. pH

Salah satu pengaruh yang memiliki dampak pada proses adsorpsi yaitu tingkat keasaman atau pH. Nilai pH optimum pada suatu proses adsorpsi ditetapkan melalui uji laboratorium. pH dapat mempengaruhi sisi aktif dari biomassa serta berpengaruh pada mekanisme adsorpsi ion logam. Pada pH rendah adsorpsi ion logam relatif kecil. Menurut Oscik (1991) pengikatan ion hidrogen ($H^{+)}$ dan ion hidronium (H_3O^+) terjadi ketika pada kondisi asam, gugus fungsi yang terdapat pada bioadsorben terprotonasi. Sementara itu, ion-ion logam yang berada dalam larutan sebelum terserap (adsorpsi) oleh adsorben terlebih dahulu mengalami hidrolisis dan akan menghasilkan proton (Adamson, 1990 dalam Hasrianti, 2013).

2.4 Bioadsorben

Bioadsorben merupakan salah satu zat padat yang digunakan dalam menyerap suatu komponen tertentu dan bahan yang mengandung selulosa dan digunakan dalam proses adsorpsi. Bahan yang dapat menjadi bioadsorben yaitu dalam pembuatan dan perlakuan mudah dan dengan harga yang terjangkau (Ranita 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

2.4.1 Proses Pembuatan Bioadsorben

Proses pembuatan bioadsorben hampir sama dengan pembuatan karbon aktif, akan tetapi pembuatan bioadsorben tidak memerlukan proses karbonisasi.

A. Proses Dehidrasi

Dehidrasi merupakan salah satu proses dalam pembuatan bioadsorben dengan bertujuan untuk menghilangkan kadar air yang terdapat dalam bahan baku bioadsorben (Indah, 2018). Proses yang dilakukan yaitu dengan cara menjemur bahan baku di bawah sinar matahari atau memanaskan bahan bioadsorben dalam oven dengan suhu 105˚C selama 3 – 7 jam (Candrawati dkk., 2017).

B. Proses Aktivasi

Dalam pembuatan bioadsorben, proses aktivasi terhadap bioadsorben perlu diperhatikan. Proses aktivasi merupakan suatu perlakuan terhadap karbon agar karbon mengalami perubahan sifat, baik fisik maupun kimia, dimana luas permukaannya meningkat akibat terjadinya penghilangan senyawa tar dan senyawa sisa-sisa pengarangan (Rananda, dkk, 2014). Jenis-jenis aktivator yang digunakan pada proses aktivasi yaitu HCL. NaOH, NaCl, H_3PO_4, dan KOH. Dalam penelitian ini menggunakan aktivator H_3PO_4, menurut penelitian yang dilakukan oleh (Laos & Selan, 2016) dan (Erawati & Fernando, 2018) menyimpulkan bahwa H_3PO_4 merupakan aktivator yang baik.

Menurut (Aritonang & Hestina, 2018) H_3PO_4 dapat digunakan sebagai aktivator karena dapat membuat pori-pori pada permukaan adsorben menjadi lebih banyak dan teratur. Selain itu H_3PO_4 dapat menjadi agen pendehidrasi yang baik, dikeranakan kadar air yang rendah menunjukkan bahwa aktivator dapat mengikat molekul air (Esterlita & Herlina, 2015). Akan tetapi asam fosfat (H_3PO_4) yang bukan termasuk

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

kedalam jenis asam kuat, cukup asam untuk menjadi korosif (Meilianti, 2018).

Menurut Elly (2008), ada 2 metode aktivasi yang dapat digunakan dalam pembuatan karbon aktif, yakni:

1. Aktivasi Kimia
2. Aktivasi Fisika, (Rajagukguk, 2018).

2.5 Kulit Singkong

Limbah kulit singkong adalah salah satu material biomassa dari residu hasil pertanian yang belum banyak dimanfaatkan dan mempunyai potensi yang cukup baik sebagai bioadsorben terhadap logam berat. Karena mengandung selulosa non reduksi yang efektif mengikat ion logam. Selulosa merupakan komponen utama tumbuhan, bahan tumbuhan ini ditemukan di dalam dinding sel buah-buahan dan sayur-sayuran seperti kayu, dahan, dan daun, tidak dapat di cerna oleh manusia.

Selama ini limbah kulit singkong ini belum dimanfaatkan secara maksimal oleh masyarakat, padahal limbah ini bisa dimanfaatkan sebagai bahan baku bioadsorben dan karbon aktif. Proses pembuatan bioadsorben mencakup dua tahapan utama, yakni proses dehidrasi bahan baku dan proses aktivasi. Bioadsorben ini memiliki manfaat sangat banyak, misalnya sebagai penjernih air, pemurnian gas, pengolahan limbah cair dan sebagainya. Konsumsi bioadsorben dan karbon aktif dunia semakin meningkat setiap tahunnya. Kulit singkong sebagai sumber selulosa dan karbon dapat dimanfaatkan sebagai bioadsorben dan karbon aktif dengan cara aktivasi kimia, dengan menggunakan berbagai macam aktivator seperti, $ZnCl_2$, NaCl, H_3PO_4, NaOH, H_2S, H_2SO_4, atau KOH guna meningkatkan nilai ekonomisnya.

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. 1 Kulit Singkong

(Sumber Gambar: uii.ac.id)

2.6 Adsorpsi Sistem Kontinyu

Adsorpsi dengan sistem kontinyu telah berkembang dengan pesat dengan sistem batch dikembangkan ke dalam sistem kontinyu untuk mengolah limbah dengan skala besar. Limbah dimasukkan secara terus – menerus baik melalui puncak ataupun dasar kolom melewati padatan adsorben yang tetap. Padatan (adsorben) menyerap sejumlah solute yang cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya waktu. Ketika kapasitas adsorpsi mendekati atau telah mencapai kejenuhan, harus dilakukan pembaruan atau diganti kembali (Widayatno dkk., 2017). Pada sistem kontinyu, kapasitas *breakthrough* berhubungan dengan fungsi jenuhn bahan bioadsorben yang dipakai dalam adsorpsi kolom. Menurut Eckenfelder (2000) (Utama, 2015 dalam (Maghfirana, 2019), beberapa model desain kolom adsorpsi yang dapat digunakan yaitu:

1. *Downflow column*

   Kolom *downflow* merupakan kolom yang berupa *fixed bed* dengan susunan seri. Ketika kurva *breaktrough* telah tercapai pada kolom terakhir, kolom pertama berada dalam kesetimbangan dengan konsentrasi influen (Co) untuk mencapai kapasitas penyerapan maksimum bioadsorbennya.

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. *Upflow column*

   Kolom *upflow* merupakan kolom yang digunakan apabila air limbah yang mengandung padatan tersuspensi atau limbah yang mengandung materi biologi yang dapat menguraikan bioadsorbennya.

3. *Multiple units column*

   Kolom *multiple unit* dapat dijalankan dengan metode parallel untuk mengalirkan air limbah ke dalam kolom. Kemudian effluen dari kolom – kolom parallel berada pada satu sistem outlet yang sama, yang dimana bertujuan untuk membagi beban pengolahan per kolomnya agar mendapatkan hasil penyerapan maksimum oleh bioadsorben.

   Kelebihan dan kekurangan dari sistem kontinyu yaitu:

   1. Keuntungan: Dapat digunakan dalam limbah dengan skala besar, banyak digunakan untuk keperluan industri, karena adsorbat terus menerus berkontak dengan jumLah tertentu pada bioadsorben dalam sistem kontinyu, dan dapat mengetahui titik jenuh dari suatu bagan bioadsorben.
   2. Kekurangan: Masalah yang terkait dengan sorpsi ini adalah gesekan bioadsorben, penyaluran, dan aliran partikel bioadsorben yang tidak seragam. Dapat terjadinya *channeling* yang dapat menyebabkan kurangnya kapasitas sorpsi dari bioadsorben (Patel, 2019).

2.7 Statistik Kruskal Wallis

Analisis statistik yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kruskall wallis, yang dimana merupakan salah satu uji statistik untuk mengetahui atau memepelajari perbedaan rata-rata lebih dari dua kelompok dan lebih dari dua faktor. Pada uji kruskall wallis tidak menggunakan data berdistribusi normal dan homogen pada distribusi induknya. Syarat yang wajib untuk dipenuhi pada uji ini yaitu k buah sampel yang dipilih secara acak, dan tidak dalam k buah kelompok yang untuk selanjutnya peringkatnya disusun yang merupakan data hasil kontinyu. Nilai keyakinan yang digunakan sebesar 95% dan level of significant (α) = 0,05.

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. Nilai signifikansi (sig.) > 0.05 menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan, atau H0 diterima dan Ha ditolak.
2. Nilai signifikansi (sig.) < 0.05 menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan, atau H0 ditolak dan Ha diterima (Aini & Inayah, 2019).

2.8 Integrasi Keilmuan

Pencemaran yang diakibatkan oleh logam berat terhadap lingkungan sangat berkaitan dengan terjadinya eksploitasi yang disebabkan pada proses industrialisasi yang menggunakan logam berat, akibatnya pencemaran logam berat semakin meningkat. Pencemaran ini dapat menyebabkan kerusakan pada lingkungan. Kerusakan lingkungan sudah dijelaskan pada Q.S Ar-Rum ayat 41 dan Q.S Al-A'raf ayat 7 yang berbunyi:

ظَهَرَ ٱلۡفَسَادُ فِي ٱلۡبَرِّ وَٱلۡبَحۡرِ بِمَا كَسَبَتۡ أَيۡدِي ٱلنَّاسِ لِيُذِيقَهُم بَعۡضَ ٱلَّذِي عَمِلُواْ لَعَلَّهُمۡ يَرۡجِعُونَ ٤١

Artinya:

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

فَلَنَقُصَّنَّ عَلَيۡهِم بِعِلۡمٖۖ وَمَا كُنَّا غَآئِبِينَ ٧

Artinya:

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

Pada surah Ar-Rum ayat 41 dan Al-A'raf ayat 7 menjelaskan bahwa kerusakan yang terjadi diakibatkan oleh perbuatan manusia. Pencemaran terhadap lingkungan adalah dampak yang diakibatkan oleh aktivitas manusia baik dalam kegiatan domestik maupun kegiatan industri dan kegiatan pertambangan juga merupakan salah satu bentuk aktivitas

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

manusia yang dapat menyebabkan pencemaran. Pada dasarnya alam diciptakan oleh Allah SWT untuk kepentingan manusia, inilah sebabnya manusia memiliki peran penting sebagai khalifah. Sebagaimana dijeaskan dalam Q.S Al-Baqarah ayat 30 yang berbunyi:

وَإِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلَٰٓئِكَةِ إِنِّي جَاعِلٌ فِي ٱلْأَرْضِ خَلِيفَةً ۖ قَالُوٓا۟ أَتَجْعَلُ فِيهَا مَن يُفْسِدُ فِيهَا

وَيَسْفِكُ ٱلدِّمَآءَ وَنَحْنُ نُسَبِّحُ بِحَمْدِكَ وَنُقَدِّسُ لَكَ ۖ قَالَ إِنِّيٓ أَعْلَمُ مَا لَا تَعْلَمُونَ ﴿٣٠﴾

Artinya:

"*Ingatlah ketika Tuhanmu berfirman kepada para Malaikat: "Sesungguhnya Aku hendak menjadikan seorang khalifah di muka bumi". Mereka berkata: "Mengapa Engkau hendak menjadikan (khalifah) di bumi itu orang yang akan membuat kerusakan padanya dan menumpahkan darah, padahal kami senantiasa bertasbih dengan memuji Engkau dan mensucikan Engkau?". Tuhan berfirman: "Sesungguhnya Aku mengetahui apa yang tidak kamu ketahui*".

2.9 Penelitian Terdahulu

Penelitian – penelitian terdahulu adalah salah satu bagian dari dasar dalam penyusunan kerangka penelitian yang akan dilakukan. Berikut ini merupakan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan:

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No.	Jurnal Penelitian	Hasil Penelitian
1.	"Pengaruh Konsentrasi Aktivator H_2SO_4 Dan Ukuran Media Arang Sekam Padi Sebagai adsorben Terhadap Efektivitas Penurunan Logam Berat Fe, Zn, Dan Warna Limbah Cair Industri Galvanis" oleh (Syarifah et al., 2015)	- Efisiensi penyisihan Fe, Zn, dan warna terbaik diperoleh pada arang aktif sekam padi ukuran 20-35 mesh dengan konsentrasi aktivator H_2SO_4 1 M. Efisiensi penyisihan Fe sebesar 63,02 %, Zn = 13,59 %, dan warna = 98,76 %.

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

No.	Jurnal Penelitian	Hasil Penelitian
		- Pengaruh variasi debit efluen pada percobaan kontinyu terhadap penurunan Fe, Zn, dan warna adalah debit yang lebih kecil (25 mL/menit) akan mencapat titik jenuh yang lebih lama daripada debit yang lebih besar (50 mL/menit).
2.	"Karakteristik Adsorben dari Limbah Kulit Durian untuk Penyerapan Logam Berat Fe dan Zn pada Air Sumur" oleh (Ariyani, 2019)	Hasil analisis komposisi kimia, bioadsorben dari kulit durian memiliki komponen C, O, Na, K dan Ca. adsorben dari kulit durian mampu menyerapan logam Fe dan Zn pada air sumur hingga kadar akhir logam Fe mencapai 0, 169 mg/L dan kadar akhir logam Zn mencapai < 0,001 mg/L.
3.	"Pengaruh Jenis Aktivasi Arang Aktif Kulit Singkong Terhadap Penurunan Kadar Besi (Fe) Dalam Air Sumur Gali" oleh (Saputro et al., 2018)	Jenis aktivasi yang paling baik dalam menurunkan kandungan Fe adalah jenis aktivasi fisika kimia, dimana pada air sumur gali dapat menurunkan 94,46 % dan pada larutan $FeCl_3$ dapat menurunkan 97,37 %. Adsorpsi Fe pada arang aktif dihambat oleh logam-logam lain yang terkandung dalam air sumur gali.
4.	"*Utilization of Renewable Durian Peels for Biosorption of Zinc from Wastewater*" oleh (Ngabura *et al*., 2018)	Pada penelitian tersebut, diketahui bahwa pH optimum, dosis adsorban optimum dan waktu kontak optimum dalam adsorpsi Zn secara berurutan yaitu sebesar pH 8, 0,5 gram dan 4

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

No.	Jurnal Penelitian	Hasil Penelitian
		jam.
5	"Kemampuan Adsorpsi Karbon Aktif Dari Limbah Kulit Singkong Terhadap Logam Timbal (Pb) Menggunakan Sistem Kontinyu" oleh (Maghfirana, 2019)	Karbon aktif dari limbah kulit singkong memiliki kemampuan adsorpsiterhadap logam timbal (Pb) dalam air limbah sebesar 97,53 – 99,58%. • Rata-rata efisiensi penyerapan logam timbal (Pb) pada reaktor A (*bed depth* 15 cm dan laju alir 15 mL/menit) yaitu sebesar 99,41% dengan standar deviasi sebesar 0,40. • Rata-rata efisiensi penyerapan logam timbal (Pb) pada reaktor B (*bed depth* 15 cm dan laju alir 5 mL/menit) yaitu sebesar 99,32% dengan standar deviasi sebesar 0,38. • Rata-rata efisiensi penyerapanlogam timbal (Pb) pada reaktor C (*bed depth* 10 cm dan laju alir 5 mL/menit) yaitu sebesar 98,90% dengan standar deviasi sebesar 0,86.
6.	"Pengaruh Variasi Ukuran Adsorben Dan Debit Aliran Terhadap Penurunan Khrom (Cr) Dan Tembaga (Cu) Dengan Arang Aktif Dari Limbah Kulit Pisang Pada Limbah Cair Industri Pelapisan Logam (Elektroplating) Krom" oleh (Shafirinia dkk., 2016)	Pada proses batch menggunakan jartest dengan kecepatan 90 rpm selama 60 menit, didapat penurunan paling efektif pada ukuran media adsorben 40 - 100 mesh dengan efesiensi penyisihan sebesar 35-72% pada logam berat Cr, sedangkan pada logam berat Cu penyisihan sebesar 85 - 96%. Pada proses kontinyu dengan tinggi media adsorben pada kolom

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

No.	Jurnal Penelitian	Hasil Penelitian
		setinggi 65 cm dan diameter 1 inch, didapat penyisihan paling efektif terjadi pada kolom dengan debit 50 mL/menit, yaitu sebesar 58% pada logam berat Cr, dan 96% untuk penurunan logam berat Cu.
7.	"Pemanfaatan Kulit Singkong Untuk Mengadsorpsi Ion Logam Timbal (Pb)" oleh (Suprapti dkk., 2013)	Hasil menunjukkan bahwa bertambahnya massa bioadsorben menyebabkan efisiensi penyerapan meningkat, namun pada massa bioadsorben 2 gr efisiensi menurun sedangkan ion yang teradsorpsi semakin besar seiring dengan bertambahnya waktu kontak. Efisiensi penyerapan optimum tiap variasi terjadi pada waktu kontak 80 menit dengan efisiensi penyerapan secara berturut - turut yaitu 18.081%, 20.151% dan 19.414%. Dari 3 variasi yang dilakukan didapatkan efisiensi penyerapan terbaik yaitu pada massa bioadsorben 1.5 gr dan waktu kontak 80 menit dengan efisiensi penyerapan sebesar 20.151%.
8.	"Adsorpsi Pb^{2+} Dalam Limbah Cair Artifisial Menggunakan Sistem Adsorpsi Kolom Dengan Bahan Isian Abu Layang Batubara Serbuk dan Granular" oleh (Astuti, 2015)	Laju alir mempengaruhi waktu breakthrough dan kapasitas adsorpsi pada bioadsorben abu layang, dimana laju alir yang lebih tinggi memberikan waktu breakthrough yang lebih singkat dengan kapasitas adsorpsi yang lebih besar. Namun kemampuan

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

No.	Jurnal Penelitian	Hasil Penelitian
		adsorpsinya untuk Pb2+ tidak mengalami penurunan yang signifikan.
9.	"Pengukuran Efektivitas Kulit Singkong, Kulit Ubi Jalar, Kulit Pisang, Dan Kulit Jeruk Sebagai Bahan Penyerap Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Pada Air Lindi TPA" oleh (Rohani dkk., 2015)	Kulit singkong, ubi jalar, kulit pisang, dan kulit jeruk memiliki potensi sebagai bahan alternatif untuk menyerap kandungan logam besi (Fe) dan mangan (Mn) pada air lindi. Efektifitas tertinggi penyerapan pada air lindi untuk logam Fe yaitu sebesar 56,54% oleh kulit singkong, untuk logam Mn yaitu sebesar 14,41% oleh kulit pisang.
10.	"Pengaruh Waktu Perendaman Dalam Aktivator Naoh Dan Debit Aliran Terhadap Penurunan Krom Total (Cr) Dan Seng (Zn) Pada Limbah Cair Industri Elektroplating Dengan Menggunakan Arang Aktif Dari Kulit Pisang" oleh (Fajrianti et al., 2016)	Adsorben yang diaktivasi selama 24 jam mampu menyisihkan logam lebih bauk daripada adsorben yang hanya diaktivasi selama 8 jam dan 16 jam dengan kemampuan adsorpsi maksimal sebesar 60,90% untuk logam Cr total dan 100% untuk logam Zn. Sedangkan debit aliran akan mempengaruhi waktu breakthrough pada uji kontinyu. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa waktu breakthrough paling cepat terjadi dengan debit 90 mL/menit pada menit ke 510.
11.	"Batch and Continuous Systems for Zn, Cu, and Pb Metal Ions Adsorption on Spent Mushroom Compost Biochar" oleh (Abdallah et al., 2019)	SMCB digunakan sebagai bioadsorben untuk menghilangkan Pb (II), Cu (II), dan Zn (II) untuk pengolahan air limbah. Adsorpsi kompetitif dilakukan dalam sistem batch dan kontinyu

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

No.	Jurnal Penelitian	Hasil Penelitian
		untuk menyelidiki kapasitas adsorpsi untuk kehadiran timbal-balik dari logam berat. Data menunjukkan bahwa afinitas tertinggi untuk SMCB adalah dengan ion Pb diikuti oleh Cu dan Zn.
12.	"Continuous Fixed-Bed Column Study and Adsorption Modeling: Removal of Lead Ion from Aqueous Solution by Charcoal Originated from Chemical Carbonization of Rubber Wood Sawdust" oleh (Biswas & Mishra, 2015)	Studi ini menyimpulkan bahwa penghilangan ion timbal dalam sistem bed menggunakan CRSD adalah metode yang efektif dan layak. Hasil kurva breakthrough dan adsorpsi timbal kapasitas sangat dipengaruhi oleh laju aliran, kedalaman unggun, konsentrasi influen, dan pH. Waktu breakthrough meningkat dengan kedalaman unggun yang lebih tinggi, laju aliran yang lebih rendah, dan konsentrasi influen yang lebih rendah. Kapasitas adsorpsi tinggi pada laju aliran 15 mL/menit, kedalaman unggun 7 cm, konsentrasi 30 mg / L, dan pH 5,2. Proses adsorpsi kolom ini mempunyai kapasitas adsorpsi maksimum 38,56 mg/g.Prediksi kurva breakthrough diperoleh dengan menggunakan Model Adams-Bohart, Thomas, dan Yoon-Nelson. Namun seluruh kurva breakthrough paling baik diprediksi oleh model Thomas.
13.	"Adsorption of Fe (II) from Aqueous Phase by Chitosan:	Tinggi efisiensi penyisihan (92,9%) dan penyerapan logam 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

No.	Jurnal Penelitian	Hasil Penelitian
	Application of Physical Models and Artificial Neural Network for Prediction of Breakthrough" oleh (Radnia *et al*., 2013)	kapasitas (28,7 mg g atau 0,514 mmol/g) dalam sistem batch menunjukkan bahwa kitosan dapat digunakan sebagai bioadsorben dan efektif untuk menghilangkan Fe (II). Penyisihan Fe (II) dalam sistem bed menggunakan kitosan telah menunjukkan metode yang efektif dan layak. Kapasitas penyerapan maksimum (59,6 mg/g atau 1,067 mmol/g) diperoleh pada laju aliran 4 mL/menit, tinggi unggun 12 cm dan konsentrasi awal 30 mg/L. Dengan meningkatnya laju aliran dan konsentrasi logam masuk, efisiensi penyisihan Fe (II) menurun, sementara peningkatan ketinggian lapisan meningkatkan efisiensi penyisihan. Efisiensi maksimum penyisihan dalam kolom (56,3%) diperoleh pada laju aliran 4 mL/menit, tinggi unggun 8 cm dan konsentrasi inlet Fe (II) 10 mg/L. Hasil yang diperoleh dalam studi kolom menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi unggun lebih tinggi dibandingkan dengan yang dicapai dalam sistem batch.
14.	"Adsorption Activity of Cassava Peel (Manihot utilissima) as Chromium (VI) Metal Biosorbent in Electroplating	Dari hasil penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa kondisi optimum bioadsorben kulit singkong yang diaktifkan oleh HNO3 1,5 M adalah

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

No.	Jurnal Penelitian	Hasil Penelitian
	Waste" oleh (Candrawati *et al*., 2017)	massa 0,3 gram dan waktu kontak 10 menit. Rata-rata (%) chromium (VI) teradsorpsi dalam limbah elektroplating dengan penambahan bioadsorben kulit singkong yang diaktifkan oleh HNO3 1,5 M adalah 61,72%.
15.	"Aplikasi Biosorben Kulit Ubi Kayu (Manihot utillissima Pohl) Dalam Penyerapan Ion Fe(Iii) Pada Air Payau" oleh (Tepare *et al*., 2019).	Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kolom dan semakin rendah laju alir, proses penyerapan ion Fe semakin baik. Dalam penelitian ini, penyerapan ion Fe terbaik yaitu penyerapannya yaitu pada tinggi bioadsorben 40 cm dan laju alir 25 mL/menit dengan persentase penyerapan sebesar 74,82%.

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

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium mandiri yang terletak pada Wonocolo Gang IX Nomor 66 RT 01 RW 01 Sepanjang, Taman, Sidoarjo Jawa Timur dan di Laboratorium Pengujian Dan Kalibrasi PDAM Surya Sembada Kota Surabaya.

3.2 Waktu Penelitian

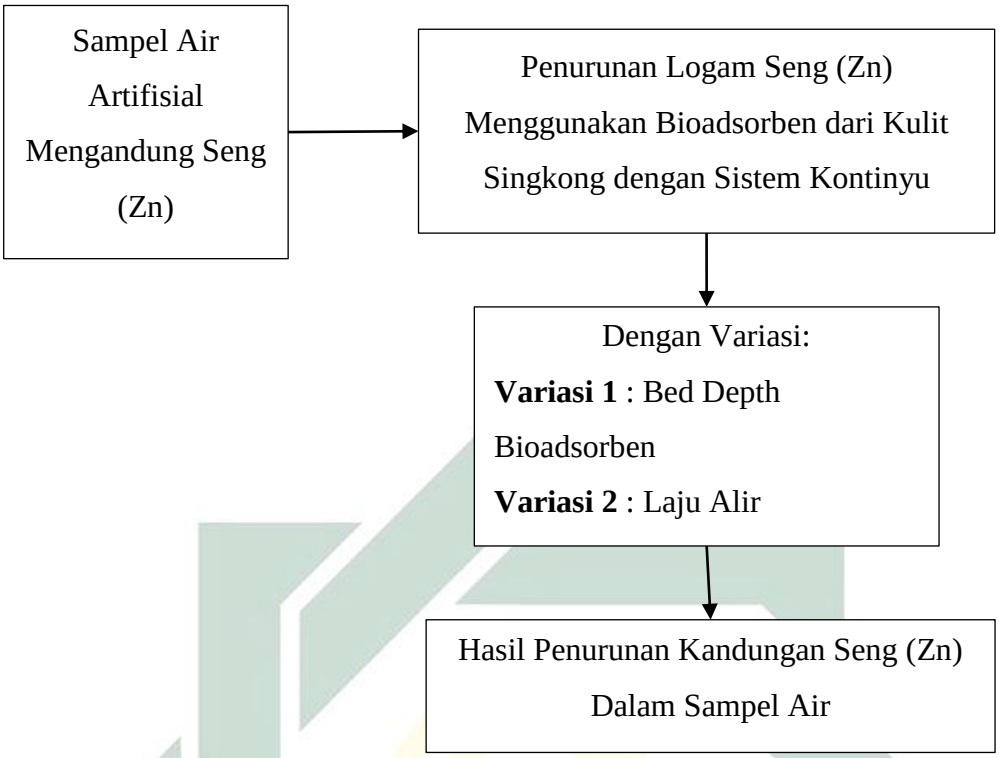
Waktu pelaksanan penelitian dilaksanakan mulai bulan Maret 2020 hingga Juni 2020. Selanjutnya, proses penelitian dan analisis hasil dilakukan hingga Desember 2020.

3.3 Tahapan Penelitian

3.3.1 Kerangka Pikir Penelitian

Kerangka pikir penelitian adalah sebuah alur yang sistematis yang memiliki tujuan untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan tujuan dan ruang lingkup dari penelitian yang dilakukan. Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui kemampuan adsorpsi dari kulit singkong sebagai bioadsorben terhadap logam berat seng (Zn) dengan menggunakan sistem kontinyu, sehingga dapat diketahui besar removal terhadap logam berat seng (Zn) dalam air limbah artifisial yang kemudian dilakukan analisa dan dikaji dengan berdasarkan studi literatur.

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:

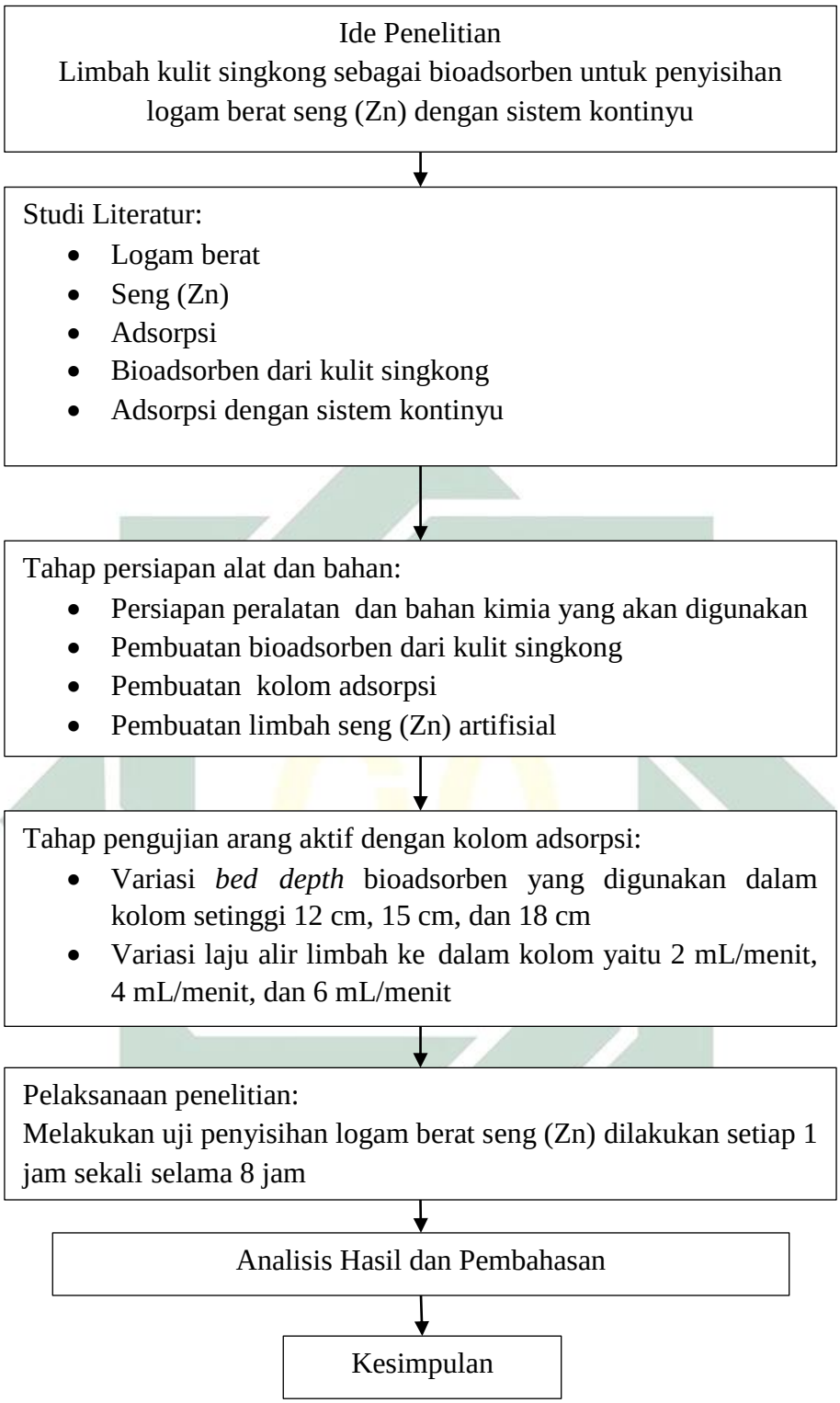
→ : Berhubungan

Gambar 3. 1 Kerangka Pikir Penelitian

3.3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dari tugas akhir ini terbagi menjadi beberapa tahap yaitu ide penelitian, studi literatur, persiapan alat dan bahan, pelaksanaan penelitian, analisis dan pembahasan, serta penyusunan laporan dan kesimpulan.

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 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

3.3.3 Rancangan Percobaan

Penelitian tugas akhir ini dilakukan dengan melakukan pengujian secara eksperimental di laboratorium. Sampel air limbah artifisial yang memiliki konsentrasi sama diadsorpsi dengan menggunakan sistem kolom (kontinyu) dengan laju alir sebesar 2 mL/menit, 4 mL/menit, dan 6 mL/menit dengan *bed depth* yang digunakan 12 cm, 15 cm dan 18 cm. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Nevyana, 2019) menyimpulkan bahwa variasi laju alir 2,5 mL/menit dapat menyerap logam Mangan (Mn) lebih besar, sedangkan untuk variasi bed depth 20 cm memiliki penyerapan yang lebih besar. Selanjutnya, sampel air limbah yang dihasilkan dari adsorpsi diambil setiap satu jam sekali selama 8 jam untuk mengetahui penurunan konsentrasi seng (Zn).

Tabel 3. 1 Rancangan Percobaan

Laju Alir / *Bed Depth*	A_1	A_2	A_3
B_1	A_1B_1	A_2B_1	A_3 B_1
B_2	A_1B_2	A_2B_2	A_3 B_2
B_3	A_1 B_3	A_2 B_3	A_3 B_3

Keterangan:

A_1 : Perlakuan laju alir adsorpsi 2 mL/menit

A_2 : Perlakuan laju alir adsorpsi 4 mL/menit

A_3 : Perlakuan laju alir adsorpsi 6 mL/menit

B_1 : Perlakuan *bed depth* adsorpsi 12 mL/menit

B_2 : Perlakuan *bed depth* adsorpsi 15 mL/menit

B_3 : Perlakuan *bed depth* adsorpsi 18 mL/menit

A_1B_1 : Perlakuan laju alir adsorpsi 2 mL/menit, *bed depth* bioadsorben 12 cm

A_2B_1 : Perlakuan laju alir adsorpsi 4 mL/menit, *bed depth* bioadsorben 12 cm

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_3B_1 : Perlakuan laju alir adsorpsi 6 mL/menit, *bed depth* bioadsorben 12 cm

A_1B_2 : Perlakuan laju alir adsorpsi 2 mL/menit, *bed depth* bioadsorben 15 cm

A_2 B_2 : Perlakuan laju alir adsorpsi 4 mL/menit, *bed depth* bioadsorben 15 cm

A_3 B_2 : Perlakuan laju alir adsorpsi 6 mL/menit, *bed depth* bioadsorben 15 cm

A_1 B_3 : Perlakuan laju alir adsorpsi 2 mL/menit, *bed depth* bioadsorben 18 cm

A_2 B_3 : Perlakuan laju alir adsorpsi 4 mL/menit, *bed depth* bioadsorben 18 cm

A_3 B_3 : Perlakuan laju alir adsorpsi 6 mL/menit, *bed depth* bioadsorben 18 cm

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini yaitu erlenmeyer, kolom adsorpsi, selang air, pompa peristaltik, oven, desikator, ayakan (*crusher*), neraca analitik, gelas ukur, dan galon air.

3.4.2 Bahan

Bahan – bahan yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu bahan utama kulit singkong, H_3PO_4 2% sebagai aktivator, serbuk $ZnSO_4$ sebagai bahan pembuatan limbah arifisial, dan aquades digunakan sebagai pelarut.

3.5 Langkah Kerja Penelitian

3.5.1 Pembuatan Bioadsorben dari Kulit Singkong

A. Dehidrasi

Kulit singkong yang akan digunakan, dicuci menggunakan air. Selanjutnya, kulit singkong yang sudah dibersihkan dipotong

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

– potong menjadi kecil dan dikeringkan dibawah sinar matahari selama 3 hari. Kemudian kulit singkong di oven selama 3 jam pada suhu 105˚C .

B. Aktivasi

Bioadsorben yang sudah terbentuk dari kulit singkong kemudian didinginkan. Selanjutnya, arang dihaluskan dengan digerus dan diayak dengan ukuran 100 mesh (0,149 mm). Hasil ayakan yang dihasilkan direndam dengan larutan H_3PO_4 2 % selama 24 jam. Setelah itu arang yang sudah direndam dikeringkan dengan oven selama 3 jam dengan suhu 105˚C.

1. Pengenceran H_3PO_4 2 %

   Diketahui:

   - M_1 = H3PO4100%
   - V_2 = 500 mL
   - M_2 = 2%

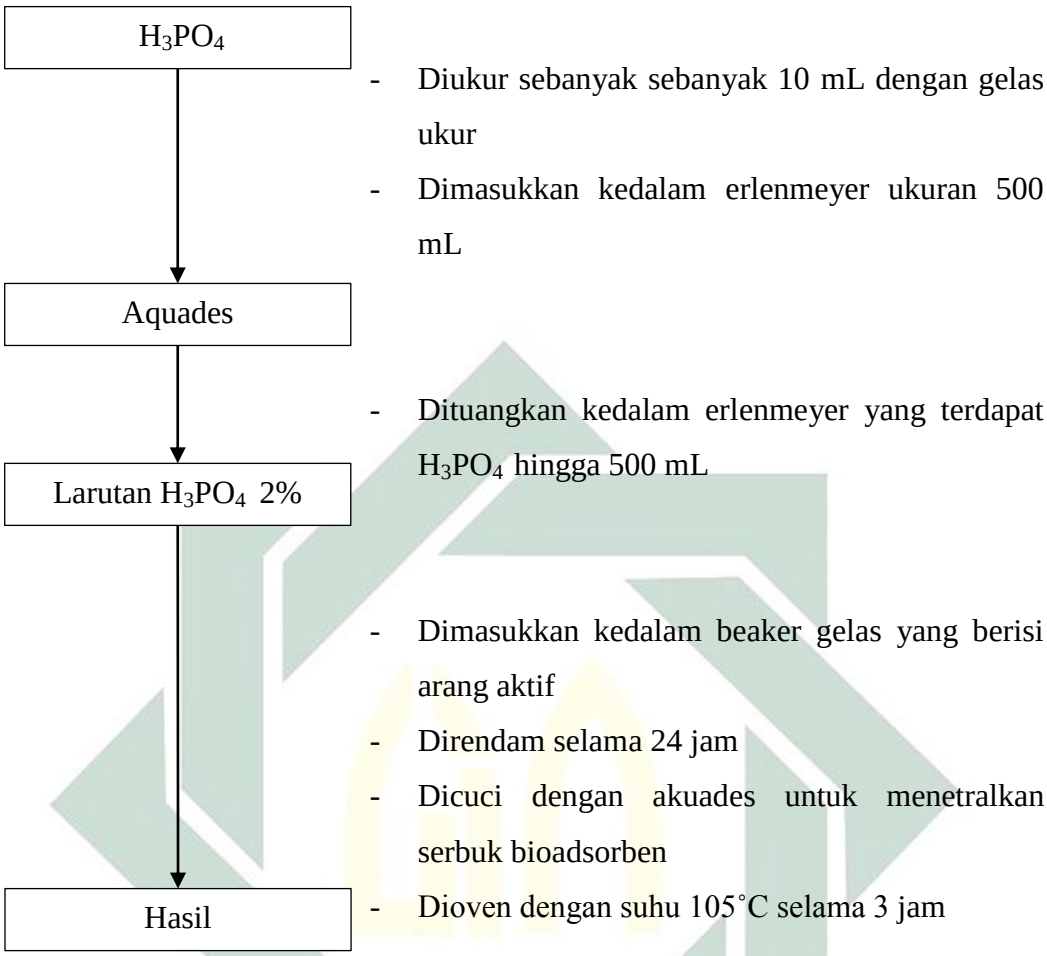
$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$

$$V_1 = \frac{(V_2 \times M_2)}{M_1}$$

$$V_1 = \frac{(500\ ml \times 0{,}02)}{1}$$

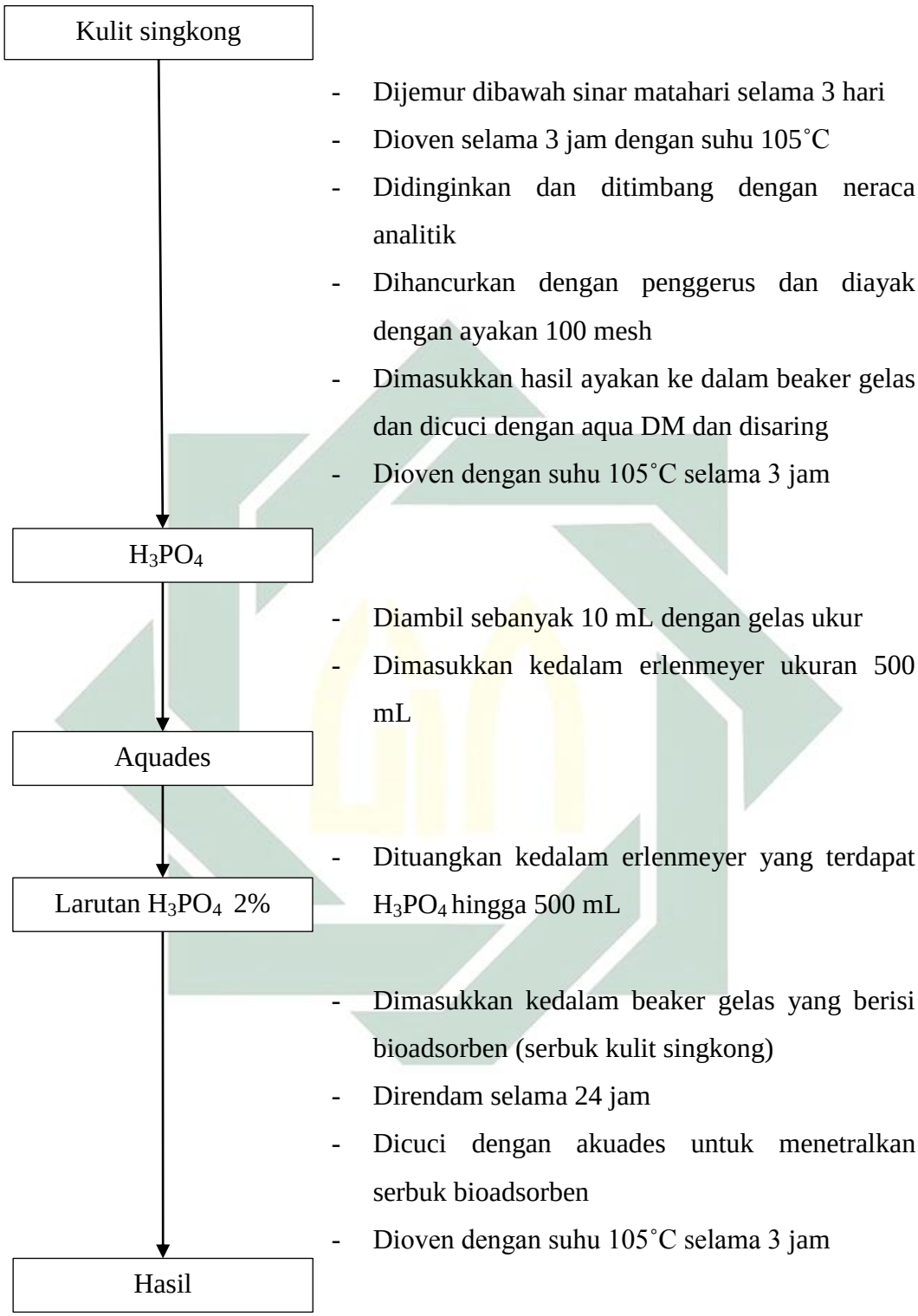
V_1 = 10 mL

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. 3 Tahapan Pembuatan Larutan 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 3. 4 Tahapan Pembuatan Bioadsorben

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 Air Limbah Artifisial Seng (Zn)

Limbah artifisial seng (Zn) merupakan limbah buatan yang dibuat dengan melakukan pelarutan senyawa seng sulfat ($ZnSO_4$) tingkat kemurnian 99% (Fatoni, 2020) dengan aquades. Limbah artifisial yang dibuat pada penelitian ini sebesar 10 ppm (10 mg/L). Langkah pertama yang dilakukan yaitu pembuatan larutan induk Zn 1000 ppm dengan 1000 mL, selanjutnya diencerkan menjadi 10 ppm (10 mg/L).

A. Pembuatan Larutan Induk Zn 1000 ppm

Serbuk $ZnSO_4$ ditimbang dengan menggunakan neraca analitik sebanyak ± 2,42 gram, kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer 1000 mL. Setelah ditimbang, dituangkan aquades sampai dengan batas pengenceran.

Diketahui:

Ar Zn = 65,4

Ar S = 32

Ar O = 16

Mr $ZnSO_4$ = 1 × Ar Zn + 1 × Ar S + 4 × Ar O

= (1 × 65,4) + (1 × 32) + (4 × 16)

= 161,4 gr/mol

Tingkat kemurnian = 99 % (Fatoni, 2020)

Membuat larutan induk Zn 1000 ppm dengan rumus:

$$M = \frac{gr}{V.Ar\ Zn} = 1000 \text{ ppm} = 1 \text{ gr/L}$$

$$M = \frac{1\ gr}{1\ L\ .\ 65.4} = 0{,}015 \text{ M}$$

Larutan yang akan dibuat molaritasnya 0,015 M, 1000 mL

$$M = \frac{gr}{Mr\ ZnSO_4} \times \frac{1000}{ml}$$

$$0{,}015 \text{ M} = \frac{gr}{161{,}4} \times \frac{1000}{1000}$$

gr = 0,015 × 161,4

gr = 2,42

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

$ZnSo_4$ dilakukan penimbangan untuk menentukan tingkat kemurnian.

$ZnSo_4$ $= \frac{gr}{\%\ kemurnian}$

$= \frac{2{,}4\ gr}{0{,}99}$

= 2,44 gr

B. Pembuatan Sampel Limbah Zn 10 ppm

Dari larutan induk Zn 1000 ppm diambil 10 mL larutan menggunakan pipet, selanjutnya dimasukkan kedalam erlenmeyer 1000 mL. Kemudian aquades dituangkan sampai batas pengenceran. Langkah di atas diulang sebanyak sampel yang dibutuhkan.

Sampel di dalam reaktor dibutuhkan:

1. Sampel = 120 mL + 240 mL + 360 mL

   = 720 mL atau 0,72 liter

   Jadi sampel yang dibutuhkan selama 8 jam adalah 5,76 liter.

2. Pembuatan larutan konsentrasi 10 ppm dalam 5760 mL

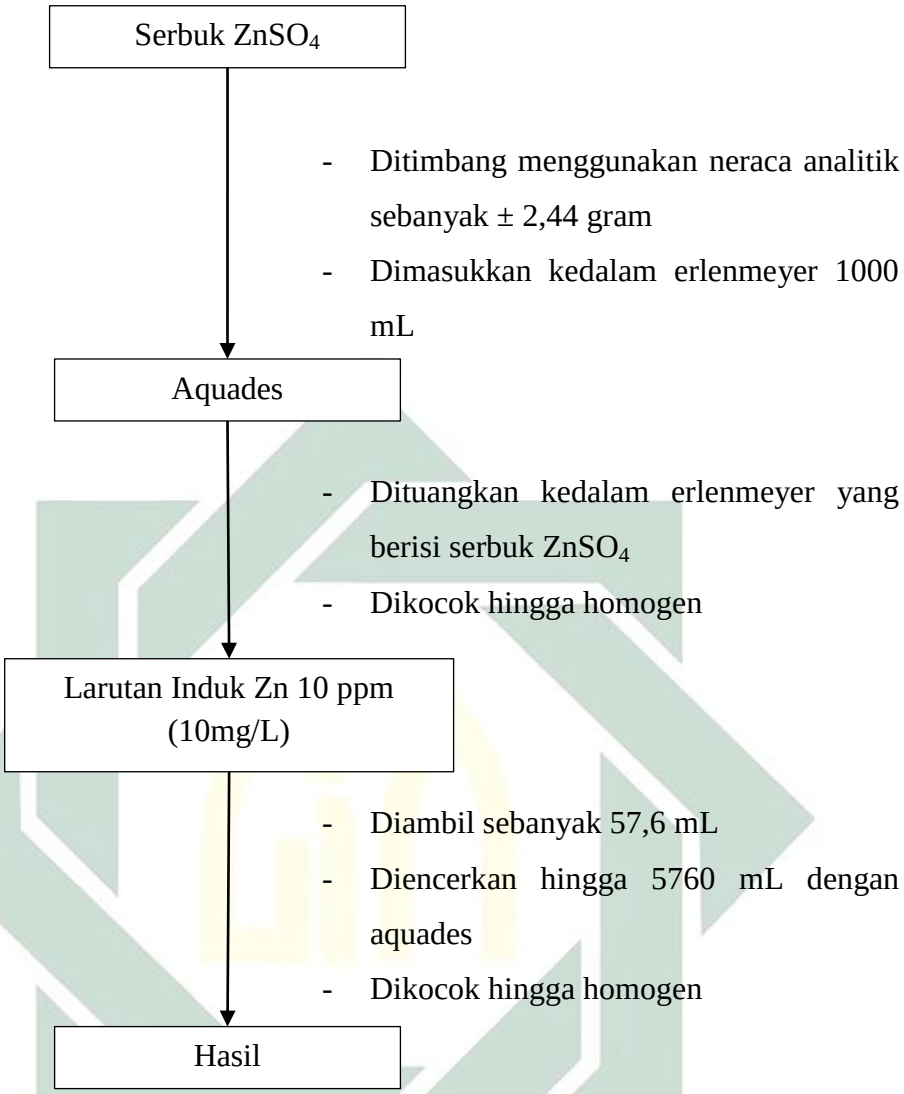
   $V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$

   $V_1 \times 1000$ ppm $= 5760$ mL $\times 10$ ppm

   $V_1 = 57{,}6$ mL

   Jadi, 57,6 mL diambil untuk dilarutkan dalam 57,6 liter.

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. 5 Tahapan Pembuatan Limbah Artifisial Zn

3.5.3 Pengujian Variasi Laju Alir Kolom Adsorpsi

Laju alir pada adsorpsi diatur secara manual dengan menggunakan pompa peristaltik dan kran air. Pada pengujian sampel terhadap laju alir adsorpsi, sampel larutan Zn dialirkan ke dalam kolom secara *downflow* dengan variasi laju alir sebesar 2 mL/menit, 4 mL/menit dan 6 mL/menit pada kolom adsorpsi dengan *bed depth* setinggi 13 cm, 13 cm dan 18 cm. Kemudian

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 diambil setiap 1 jam sekali selama 8 jam sebanyak 200 mL.

3.5.4 Pengujian Variasi *Bed Depth* Bioadsorben

Pengujian sampel terhadap *bed depth* bioadsorben, sampel larutan Zn dialirkan ke dalam kolom secara *downflow* dengan variasi *bed depth* bioadsorben setinggi 12 cm, 15 cm dan 18 cm pada kolom adsorpsi dengan laju alir sebesar 2 mL/menit, 4 mL/menit dan 6 mL/menit. Kemudian sampel diambil setiap 1 jam sekali selama 8 jam sebanyak 200 mL.

3.5.5 Karakterisasi Biadosorben Kulit Singkong

A. Uji Kadar Air

Kadar air dapat ditentukan dengan melakukan pengeringan menggunakan oven. Sebanyak 5 gram bioadsorben yang telah diketahui beratnya diletakkan dalam cawan porselin, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105˚C hingga bobotnya konstan. Setelah itu bioadsorben didinginkan selama 15 menit di dalam desikator lalu ditimbang. Berikut ini merupakan rumus untk menghitung kadar air (Nadia, 2016).

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{w_2 - (w_3 - w_1)}{w_2} \cdot 100\%$$

Dimana:

w_1 : berat konstan cawan kering beserta tutupnya sebelum digunakan (gram)

w_2 : berat bahan awal (segar) yang digunakan sebelum diuapkan dan dikeringkan (gram)

w_3 : berat konstan cawan berisi bahan kering beserta tutup cawan (gram)

3.5.6 Preparasi Reaktor

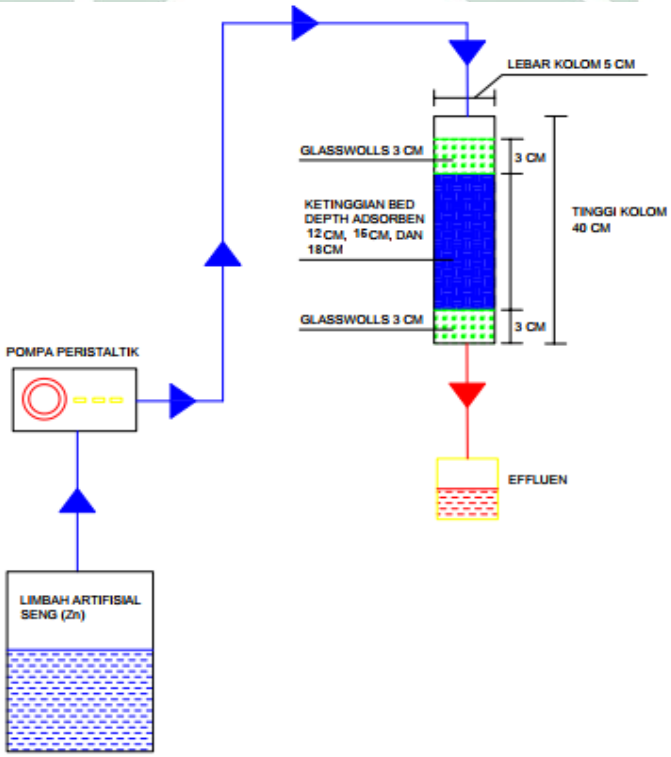
Alat – alat yang digunakan dalam preparasi reaktor yaitu berupa kolom adsorpsi, selang infus, pompa peristaltik, kran air,

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

statif, galon air, dan beaker gelas. Sedangkan untuk bahan yang diperlukan yaitu bioadsorben, aquades, dan glasswols. Peralatan dirangkai seperti gambar 3.6, dengan mengalirkan aquades untuk pengaturan debit yang dialirkan dalam kolom. Pengaturan debit dilakukan secara manual dengan menggunakan stopwatch dan gelas ukur.

3.5.7 Desain Reaktor

Sistem reaktor penelitian ini menggunakan kolom yang disambung dengan selang air dan dialiri dengan limbah seng (Zn) artifisial. Aliran limbah yang digunakan yaitu aliran secara *downflow*, kemudian bioadsorben disangga dengan *glasswols*. Desain reaktor dapat dilihat pada **Gambar 3.6** berikut ini.



Gambar 3. 6 Desain Kolom Adsorpsi

Sumber: (Maghfirana, 2019)

3.6 Metode Analisis Data

Metode analisis data pada penelitian adsorpsi dengan sistem kontinyu dilakukan metode deskriptif dan menggunakan kurva breakthrough. Analisa

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

deskriptif ini untuk menjelaskan mengenai kemampuan bioadsorben dalam menurunkan kadar seng (Zn) pada sampel air limbah artifisial.

a. Analisa Deskriptif

Analisa deskriptif pada penelitian ini menggunakan grafik dan gambar agar mempermudah dalam pembahasan hasil dan mengetahui efesiensi penyerapan adsorben terhadap kadar seng (Zn). Rumus yang digunakan dalam menentukan persentase penurunan kadar seng (Zn), yaitu :

$$Ef = \frac{C_o - C_t}{C_o} \times 100\ \%$$

Keterangan:

Ef : Efesiensi Adsorpsi (%)

C_o : Konsentrasi Awal Sampel (mg/L)

C_t : Konsentrasi Akhir Sampel (mg/L) (Maghfirana, 2019).

b. Analisis Statistik

Analisis statistik yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kruskall wallis, yang dimana merupakan salah satu uji statistik untuk mengetahui atau memepelajari perbedaan rata-rata lebih dari dua kelompok dan lebih dari dua faktor. Pada uji kruskall wallis tidak menggunakan data yang berdistribusi normal dan homogen pada distribusi induknya. Syarat yang wajib untuk dipenuhi pada uji ini yaitu k buah sampel yang dipilih secara acak, dan tidak dalam k buah kelompok yang untuk selanjutnya peringkatnya disusun yang merupakan data hasil kontinyu. Nilai keyakinan yang digunakan sebesar 95% dan level of significant (α) = 0,05 (Aini & Inayah, 2019).

3.7 Hipotesis Penelitian

Hipotesis ialah jawaban sementara dari terhadap masalah dalam penelitian yang selanjutnya diuji kebenarannya ketika data sudah terkumpul (Samidi, 2015). Hipotesis yang digunakan dalam penelitian ini yaitu untuk mengetahui perbedaan antara variabel yang digunakan yaitu variasi bed depth dan laju alir. Berikut ini hipotesis pada penelitian 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

H_0 : Tidak ada perbedaan signifikan antara variasi bed depth, dan variasi laju alir terhadap penurunan kadar seng (Zn)

H_1 : Ada perbedaan signifikan antara variasi bed depth, dan variasi laju alir terhadap penurunan kadar seng (Zn).

Dengan berdasarkan pada probabilitasnya pada masing-masing variabel maka dapat untuk mengambil keputusan dapat didasarkan pada hal berikut:

H_0 diterima jika signifikan > nilai α (sig. > 0,05)

H_0 ditolak jika signifikan < nilai α (sig. < 0,05)

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 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Persiapan Bahan dari Kulit Singkong

Kulit singkong yang akan digunakan pada penelitian ini didapatkan dari limbah singkong pasar setempat. Kulit singkong yang dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan bioadsorben merupakan bagian kulit singkong yang terdalam, dengan memiliki karakteristik bewarna putih kekuning-kuningan dan berbau singkong. Kulit singkong yang sudah didapatkan harus dibersihkan terlebih dahulu dari kulit terluar, kemudian dicuci dari kotoran atau tanah yang menempel yang dapat dilihat pada **Gambar 4.1**. Setelah itu kulit singkong dipotong-potong menjadi ukuran kecil yang dapat dilihat pada **Gambar 4.2**.

Gambar 4. 1 Kulit singkong yang dicuci

Gambar 4. 2 Kulit singkong yang sudah dipotong-potong

Kulit singkong yang telah dipotong-potong kecil kemudian didehidrasi dengan cara dijemur dibawah sinar matahari selama 2 hari sampai kering. Dehidrasi merupakan suatu proses untuk mengurangi kadar air (Candrawati et al., 2017). Kulit singkong yang sudah kering kemudian

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

ditimbang sebanyak 5,02 gram. Selanjutnya kulit singkong yang sudah kering dicuci kembali dengan menggunakan aqua DM. Kemudian dioven dengan suhu 105˚ C selama 3 jam, selanjutnya didinginkan dan ditimbang dengan hasil 1,60 gram. Dari hasil timbangan tersebut didapatkan kadar air pada kulit singkong yaitu 68,17%.

4.2 Aktivasi Kulit Singkong

Proses selanjutnya yaitu aktivasi kulit singkong dengan menggunakan cairan H_3PO4 2%. Aktivasi bioadsorben merupakan salah satu proses dalam pembuatan bioadsorben. Bahan yang digunakan dalam aktivasi berbagai macam, salah satunya adalah H_3PO4 (asam sulfat). Pada proses aktivasi bioadsorben langkah-langkah yang harus dilakukan yaitu kulit singkong yang sudah dioven dan didinginkan dimasukkan ke dalam larutan H_3PO_4 2% yang sudah diencerkan dengan cara mencampurkan aquades sebanyak 500 ml dan H_3PO_4 sebanyak 10 ml dan didiamkan selama 24 jam. Perubahan yang terjadi pada kulit singkong selama mengalami perendaman yaitu kulit singkong berwarna putih kecoklatan. Setelah mengalami perendaman, kulit singkong dicuci kembali menggunakan aquades hingga bersih dan dioven selama 3 jam sengan suhu 105˚C.

Gambar 4. 3 Aktivasi kulit singkong dengan larutan H_3PO4

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 Preparasi Reaktor

Preparasi reaktor dilakukan dengan melakukan perakitan terhadap reaktor. Bahan-bahan yang digunakan dalam perakitan reaktor terdiri dari selang, galon 6 liter, pompa peristaltik, penyangga dari kayu, dan dengan bahan boadsorben kulit singkong. Pengaturan laju alir pada penelitian ini menggunakan kran air tiga cabang dengan 1 buah pengatur laju air dari pompa peristaltik yang sudah diatur. Pengaturan laju alir bertujuan untuk mengkontrol laju alir agar laju alir dari sampel tidak mengalir dengan cepat kedalam kolom adsorpsi.

Penelitian ini memiliki tiga variasi laju alir yaitu 2 mL/menit, 4 mL/menit, dan 6 mL/menit. Pengukuran laju alir yang melewati kolom adsorbsi dilakukan secara menual dengan menggunakan stopwatch dari handphone dan gelas ukur. Pengukuran aliran dilakukan dengan mengalirkan aquades dari kolom dan ditimer dengan stopwatch selama satu menit. Hasil dari outlet akan dialirkan kedalam gelas ukur agar dapat mengetahui berapa mL air yang keluar.

Proses selanjutnya yaitu dengan memasukkan glasswols pada bagian bawah kolom adsorpsi dengan tebal 1 cm, dengan tujuan agar bioadsorben tidak ikut terbawa oleh sampel air saat melewati outlet. Bioadsorben yang sudah disiapkan dimasukkan kedalam kolom adsorpsi dengan tunggi masing-masing 12 cm, 15 cm, dan 18 cm. Selanjutnya dilakukan penyucian dengan aquades dan dilakukan simulasi kembali untuk mengetahui laju alir dengan waktu sekitar 30 menit. Outlet pertama yang dihasilkan berwarna merah kekuningan, warna ini disebabkan oleh endapan yang terdapat pada permukaan bioadsorben. Kemudian setelah selesai dilanjutkan dengan menggunakan limbah artifisial.

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. 4 Preparasi Reaktor

4.4 Pembuatan Limbah Artifisial

Pembuatan limbah artifisial dilakukan dengan melakukan pengenceran terhadap logam berat yang mempunyai karakteristik padat dan berwarna putih. Proses yang dilakukan yaitu membuat larutan induk (1000 ppm) dari limbah artifisial dan pembuatan limbah artifisial 10 ppm (10 mg/L). Pembuatan larutan induk dilakukan dengan menuangkan aquades sebanyak 1000 mL kedalam erlenmeyer. Serbuk $ZnSO_4$ ditimbang dengan menggunakan neraca analitik sebanyak ± 2,44 gram, kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer 1000 mL. Setelah ditimbang, dituangkan aquades sampai dengan batas pengenceran.

Diketahui:

Ar Zn = 65,4

Ar S = 32

Ar O = 16

Mr $ZnSO_4$ = 1 × Ar Zn + 1 × Ar S + 4 × Ar O

= (1 × 65,4) + (1 × 32) + (4 × 16)

= 161,4 gr/mol

Tingkat kemurnian = 99 % (Fatoni, 2020)

Membuat larutan induk Zn 1000 ppm dengan rumus:

$$M = \frac{gr}{V.Ar\ Zn} = 1000 \text{ ppm} = 1 \text{ gr/L}$$

$$M = \frac{1\ gr}{1\ L\ .\ 65.4} = 0{,}015 \text{ M}$$

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 yang akan dibuat molaritasnya 0,015 M, 1000 mL

$$M = \frac{gr}{Mr\ ZnSO_4} \times \frac{1000}{ml}$$

$$0{,}015\ M = \frac{gr}{161{,}4} \times \frac{1000}{1000}$$

gr = 0,015 × 161,4

gr = 2,42

$ZnSo_4$ dilakukan penimbangan untuk menentukan tingkat kemurnian

$$ZnSo_4 = \frac{gr}{\%\ kemurnian}$$

$$= \frac{2{,}4\ gr}{0{,}99}$$

= 2,44 gr

Hasil dari rumus diatas dituangkan kedalam erlenmeyer yang berisi aquades dan dihomogenkan dengan cara mengaduknya. Selanjutnya untuk membuat larutan limbah artifisial dengan kadar 10 ppm (10 mg/L), maka larutan yang dibutuhkan dari larutan induk yaitu:

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 1000\ ppm = 1000\ mL \times 10\ ppm$$

$$V_1 = 10\ mL$$

Berdasarkan hasil rumus diatas untuk membuat limbah artifisial dengan kadar konsentrasi ppm dibutuhkan 10 mL dari larutan induk kemudian diencerkan dengan aquades sebanyak 1000 mL. Pada penelitian ini jumlah limbah artifisial yang dibutuhkan yaitu dua liter pada setiap kolom maka dibutuhkan 20 mL larutan induk seng. Dari kadar limbah artifisial yang dibutuhkan sebesar 10 mg/L, selanjutnya dilakukan pengujian sampel di laboratorium Pengujian Dan Kalibrasi PDAM Surya Sembada Kota Surabaya, dengan hasil sampel limbah artifisal yaitu 5,726 mg/L.

Hasil dari uji sampel di atas menunjukkan bahwa adanya perbedaan hasil dari perhitungan pengenceran dengan hasil uji sampel di laboratorium Pengujian Dan Kalibrasi PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. Beberapa faktor yang dapat menyebabkan perbedaan 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

terjadinya hasil yang tidak sesuai dengan yang dibutuhkan, salah satunya adalah kesalahan dalam pengenceran atau *human eror*.

$ZnSO_4$ atau seng sulfat akan terionisasi jika berada didalam larutan menjadi Zn^{2+} dan SO_4^{2-}, dengan persamaan reaksi sebagai berikut:

$$ZnSO_4(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$$

Pada proses selanjutnya $ZnSO_4$ ditambahkan dengan $7H_2O$ maka akan membentuk $ZnSO_4.7H_2O$, dengan reaksi kimia yang terjadi sebagai berikut:

$$ZnSO_4 + 7H_2O \rightarrow ZnSO_4.7H_2O$$

4.5 Hasil Penelitian

4.5.1 Pengujian Variasi Laju Alir dengan dengan *Bed Depth* 12 cm

Hasil uji penelitian pada pengaruh variasi laju alir pada kolom adsoprsi dengan laju lair sebesar 2 mL/menit, 4 mL/menit, 6 mL/menit terhadap parameter *bed depth* 12 cm. Pada penelitian ini dilakukan pengamatan dengan mengalirkan limbah artifisial kedalam kolom adsorpsi selama 8 jam, yang dimana limbah artifisial memiliki kadar seng sebanyak 5,7 mg/L. Data dari hasil penelitian pada variasi laju alir dengan *bed depth* 12 cm dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

Tabel 4. 1 Data Hasil Kadar Seng (Zn) pada *Bed Depth* 12 cm

Waktu Kontak (jam)	Bed Depth (cm)	C0 (mg/L)	Ct (mg/L)		
			2	4	6
1	12	5.726	0.551	1.734	2.390
2	12	5.726	0.541	1.423	2.230
3	12	5.726	0.531	0.756	1.800
4	12	5.726	0.470	0.435	1.090
5	12	5.726	0.455	0.399	0.723
6	12	5.726	0.449	0.354	0.648
7	12	5.726	0.409	0.316	0.498
8	12	5.726	0.345	0.285	0.446

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Keterangan: C0 : Kadar Awal Seng (Zn)

Ct : Kadar Akhir Seng (Zn)

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

Menurut data hasil pada **Tabel 4.1** dapat diketahui bahwa kadar seng (Zn) pada limbah artifisial setelah dialirkan melewati kolom bioadsorben dengan tinggi 12 cm, hasil outlet atau hasil akhirnya adalah 0,285 mg/L – 2,390 mg/L. Hasil kadar effluen dari pengujian terhadap ketiga variasi laju alir mempunyai hasil yang berbeda-beda. Kadar seng terendah pada laju alir 4 mL/menit terdapat pada jam ke-8 dengan hasil 0,285 mg/L. Pada laju alir 2 mL/menit kadar seng terendah terdapat pada jam ke-8 dengan hasil 0,0345 mg/L, dan untuk laju alir 6 mL/menit kadar seng terendah terdapat pada jam ke-8 dengan hasil 0,446 mg/L. Data hasil efesiensi penyerapan kadar seng (Zn) pada variasi laju alir dengan bed depth 12 cm dapat dilihat pada **Tabel 4.2**.

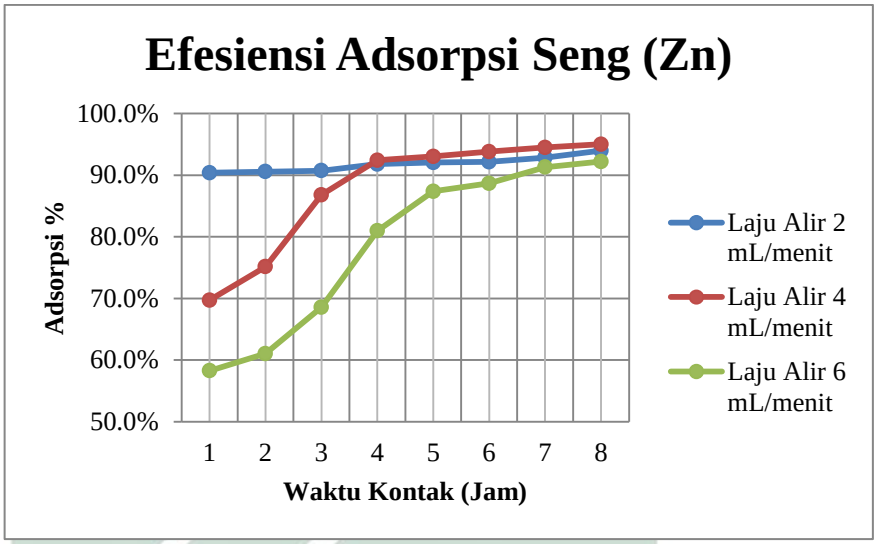
Tabel 4. 2 Efesiensi penyerapan Seng (Zn) pada *Bed Depth* 12 cm

Waktu Kontak (jam)	Laju Alir (mL/menit)	C0 (mg/L)	Ct (%)		
			2	4	6
1	12	5.726	90.4%	69.7%	58.3%
2	12	5.726	90.6%	75.1%	61.1%
3	12	5.726	90.7%	86.8%	68.6%
4	12	5.726	91.8%	92.4%	81.0%
5	12	5.726	92.1%	93.0%	87.4%
6	12	5.726	92.2%	93.8%	88.7%
7	12	5.726	92.9%	94.5%	91.3%
8	12	5.726	94.0%	95.0%	92.2%
Rata – rata			91.8%	87.6%	78.6%

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Dari hasil data pada **Tabel 4.2** menunjukkan bahwa efesiensi adsorpsi seng (Zn) pada laju alir 2 mL/menit, 4 mL/menit, mL/menit, memiliki rata-rata efesiensi sebesar 91,8%, 87,6%, dan 78,6%. Penyerapan bioadsorben terhadap seng (Zn) pada laju alir 2 mL/menit berkisar antara 90,4% - 94%, pada laju alir 4 mL/menit berkisar antara 69,7% - 87,6%, sedangkan pada laju alir 6 mL/menit penyerapan terhadap seng (Zn) berkisar antara 58,3% - 78,6%.

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. 5 Grafik Efesiensi Adsorpsi Seng (Zn) pada Bed Depth 12 cm

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Berdasarkan grafik pada **Gambar 4.5** menunjukkan bahwa terdapat perbedaan penyerapan terhadap seng (Zn) pada laju alir 2 mL/menit, 4 mL/menit, dan 6 mL/menit. Penyerapan terhadap seng pada laju alir 2 mL/menit jam pertama sampai dengan jam ke-3 mengalami peningkatan yang stabil terhadap penyerapan logam berat, dengan persentase penyerapan sebesar 90,4% pada jam ke-1, 90,6% pada jam ke-2, dan 90,7% pada jam ke-3. Sedangkan pada jam ke-4 sampai jam ke-8 cenderung mengalami peningkatan penyerapan logam berat yang stabil dengan persentase penyerapan sebesar 91,8% pada jam ke-4, 92,1% pada jam ke-5, 92,2% pada jam ke-6, 92,9% pada jam ke-7, dan 94,0% pada jam ke-8. Dari hasil persentase peningkatan adsorpsi pada laju alir 2 mL/menit dapat dilihat, bahwa dengan laju alir sebesar 2 mL/menit dapat mempengaruhi penyerapan logam berat limbah artifisial pada permukaan bioadsorben.

Penyerapan terhadap seng dengan laju alir 4 mL/menit pada bed depth 12 cm jam ke-1 sampai jam ke-4 mengalami peningkatan penyerapan yang tinggi, dengan besar penyerapan masing-masing pada tiap jam sebesar 69,7%, 75,1%, 86,8%, dan 92,4%. Sedangkan pada jam ke-5 sampai jam ke-8 mengalami kenaikan

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

penyerapan yang stabil dengan persentase penyerapan sebesar 93,0% pada jam ke-5, 93,8% pada jam ke-5, 94,5% pada jam ke-5, dan 95,0% pada jam ke-8. Dari hasil persentase peningkatan adsorpsi pada laju alir 4 mL/menit dapat dilihat, bahwa dengan laju alir sebesar 4 mL/menit dapat mempengaruhi penyerapan logam berat limbah artifisial pada permukaan bioadsorben.

Kemampuan adsorpsi pada laju alir 6 mL/menit pada jam pertama sampai jam ke-8 mengalami peningkatan penyerapan yang cukup tinggi pada tiap jam. Penyerapan seng (Zn) pada laju alir dari jam pertama menuju jam ke-8 mengalami kenaikan yang tinggi dengan persentase sebesar 58,3% pada jam ke-1, 61,1% pada jam ke-2, 68,6% pada jam ke-3, dan 81,0% pada jam ke-4. Sedangkan pada jam ke-5 sampai jam ke-8 memiliki penyerapan sebesar 87,4% pada jam ke-5, 88,7% pada jam ke-6, 91,3% pada jam ke-7, dan 92,2% pada jam ke-8.

Berdasarkan data hasil diatas dapat disimpulkan bahwa variasi laju alir dan tinggi bioadsorben berpengaruh pada hasil outlet dari limbah artifisial. Hasil penelitian yang telah didapatkan selanjutnya melakukan uji validitasnya. Pengujian validitas pada penelitian ini dapat menggunakan model adsorpsi dalam sistem kontinyu (model Thomas) dan dengan cara analisa statistik. Syarat yang harus terpenuhi untuk melakukan uji validitas dengan model adsorpsi dalam sistem kontinyu (model Thomas) adalah dengan data hasil analisa harus mengalami titik exhaust. Titik exhaust sendiri yaitu suatu adsorben atau bioadsorben tidak dapat lagi menyerap logam yang melewati kolom adsorpsi.

Pada penelitian data hasil analisis yang didapatkan belum mencapai titik exhaust, oleh sebab itu uji validitas yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis statistik. Analisis statistik yang digunakan yaitu kruskall wallis, yang dimana merupakan salah satu uji statistik untuk mengetahui atau mempelajari perbedaan rata-rata lebih dari dua kelompok dan dua faktor lebih. Sedangkan data yang

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

digunakan pada uji statistik yaitu data kuantitatif. Data hasil yang akan diolah terlebih dahulu diuji normalitas dan homogenitasnya menggunakan SPSS. Hasil yang didapatkan dari uji normalitas dapat dilihat pada **Tabel 4.3** dan homogenitas pada variasi laju alir dapat dilihat pada **Tabel 4.4** berikut ini.

Tabel 4. 3 Uji test normalitas dengan shapiro wilk pada bed depth 12 cm

Tests of Normality

		Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	laju alir	Statistic	Df	Sig.	Statistic	df	Sig.
nilai konsentrasi akhir	laju alir 2	.184	8	.200*	.934	8	.549
	laju alir 4	.314	8	.019	.772	8	.014
	laju alir 6	.237	8	.200*	.854	8	.105

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data penelitian berdistribusi normal atau tidak. Pada analisis statistik parametrik, data yang berditribusi normal merupakan syarat yang harus terpenuhi. Salah satu uji normalitas yang digunakan yaitu uji shapiro wilk, sampel yang dibutuhkan untuk uji shapiro wilk yaitu berjumlah dibawah 50 sampel. Data berdistribusi normal jika nilai sig. > 0,05 dan data tidak berdistribusi normal jika nilai sig. < 0,05. Berdasarkan **Tabel 4.3** diatas didapatkan hasil laju alir 2 mL/menit memiliki nilai sig. 0,549 > 0,05, laju alir 4 mL/menit memiliki nilai sig. 0,014 < 0,05, dan laju alir 6 mL/menit memiliki nilai sig. 0,105 > 0,05. Maka dapat disimpulkan bahwa uji normalitas yang dilakukan menunjukkan hasil uji berdistribusi normal. Hasil uji homogenitas dapat dilihat pada tabel berikut 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

Tabel 4. 4 Uji test homogenitas pada bed depth 12 cm

Test of Homogeneity of Variances

nilai konsentrasi akhir

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
12.786	2	21	.000

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Uji homogenitas merupakan salah satu uji statistik yang bertujuan untuk mengetahui data dari populasi memiliki varians sama atau tidak. Dasar pengambilan keputusan dalam uji homogenitas dapat didasarkan pada:

1. Jika nilai signifikan atau sig. > 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa varians dari dua atau lebih data adalah tidak sama atau tidak homogen.
2. Jika nilai signifikan atau sig. < 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa varians dari dua atau lebih data adalah sama atau homogen.

Berdasarkan **Tabel 4.4** didapatkan hasil bahwa bahwa nilai sig. 0,000 < 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa uji homogenitas yang dilakukan menunjukkan hasil uji homogen.

4.5.2 Pengujian Variasi Laju Alir dengan dengan *Bed Depth* 15 cm

Hasil uji penelitian pada pengaruh variasi laju alir pada kolom adsoprsi dengan laju lair sebesar 2 mL/menit, 4 mL/menit, 6 mL/menit terhadap parameter *bed depth* 15 cm. Pada penelitian ini dilakukan pengamatan dengan mengalirkan limbah artifisial kedalam kolom adsorpsi selama 8 jam, yang dimana limbah artifisial memiliki kadar seng sebanyak 5,7 mg/L. Data dari hasil penelitian pada variasi laju alir dengan *bed depth* 15 cm 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 Data Hasil Kadar Seng (Zn) pada *Bed Depth* 15 cm

Waktu Kontak (jam)	Bed Depth (cm)	C0 (mg/L)	Ct (mg/L)		
			2	4	6
1	15	5.726	0.681	1.076	2.430
2	15	5.726	0.568	0.865	2.040
3	15	5.726	0.470	0.653	1.607
4	15	5.726	0.396	0.545	1.430
5	15	5.726	0.347	0.487	1.291
6	15	5.726	0.341	0.422	0.933
7	15	5.726	0.282	0.357	0.598
8	15	5.726	0.273	0.293	0.551

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Keterangan: C0 : Kadar Awal Seng (Zn)

Ct : Kadar Akhir Seng (Zn)

Menurut data hasil pada **Tabel 4.5** dapat diketahui bahwa kadar seng (Zn) pada limbah artifisial setelah dialirkan melewati kolom bioadsorben dengan tinggi 15 cm, hasil outlet atau hasil akhirnya adalah 0,283 mg/L – 2,430 mg/L. Hasil kadar effluen dari pengujian terhadap ketiga variasi laju alir mempunyai hasil yang berbeda-beda. Kadar seng terendah pada laju alir 2 mL/menit terdapat pada jam ke-8 dengan hasil 0,283 mg/L. Pada laju alir 4 mL/menit kadar seng terendah terdapat pada jam ke-8 dengan hasil 0,293 mg/L, dan untuk laju alir 6 mL/menit kadar seng terendah terdapat pada jam ke-8 dengan hasil 0,551 mg/L. Data hasil efesiensi penyerapan kadar seng (Zn) pada variasi laju alir dengan bed depth 15 cm dapat dilihat pada **Tabel 4.6**.

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

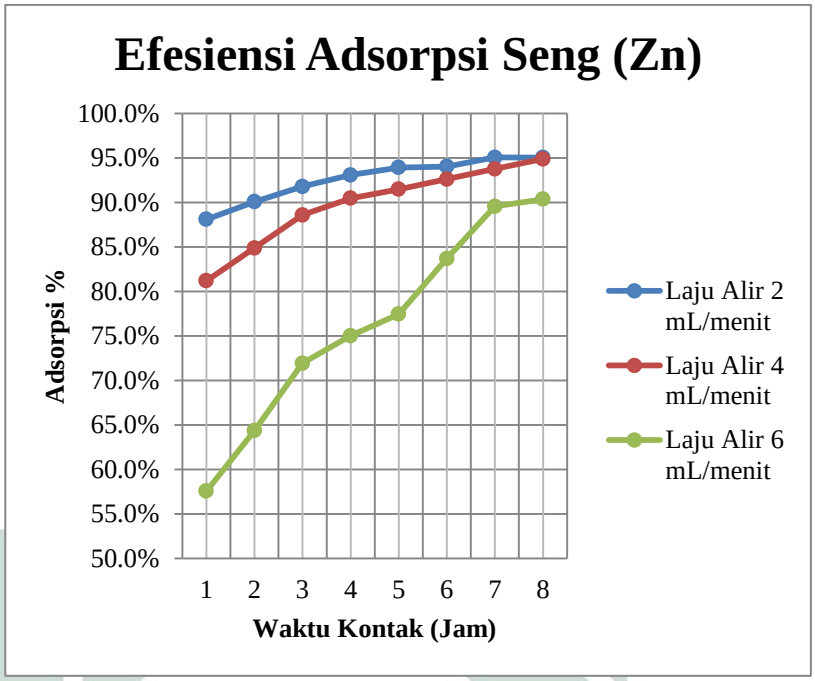
Tabel 4. 6 Efesiensi penyerapan Seng (Zn) pada *Bed Depth* 15 cm

Waktu Kontak (jam)	Laju Alir (mL/menit)	C0 (mg/L)	Ct (%)		
			2	4	6
1	15	5.726	88.1%	81.2%	57.6%
2	15	5.726	90.1%	84.9%	64.4%
3	15	5.726	91.8%	88.6%	71.9%
4	15	5.726	93.1%	90.5%	75.0%
5	15	5.726	93.9%	91.5%	77.5%
6	15	5.726	94.0%	92.6%	83.7%
7	15	5.726	95.1%	93.8%	89.6%
8	15	5.726	95.2%	94.9%	90.4%
Rata – rata			92.6%	89.7%	76.2%

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Dari hasil data pada **Tabel 4.6** menunjukkan bahwa efesiensi adsorpsi seng (Zn) pada laju alir 2 mL/menit, 4 mL/menit, mL/menit, memiliki rata-rata efesiensi sebesar 92,6%, 89,7%, dan 76,2%. Penyerapan bioadsorben terhadap seng (Zn) pada laju alir 2 mL/menit berkisar antara 88,1% - 95,2%, pada laju alir 4 mL/menit berkisar antara 81,2% - 89,7%, sedangkan pada laju alir 6 mL/menit penyerapan terhadap seng (Zn) berkisar antara 57,6% - 76,2%.

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



Gambar 4. 6 Grafik Efesiensi Adsorpsi Seng (Zn) pada *Bed Depth* 15 cm

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Berdasarkan grafik pada **Gambar 4.6** menunjukkan bahwa terdapat perbedaan penyerapan terhadap seng (Zn) pada laju alir 2 mL/menit, 4 mL/menit, dan 6 mL/menit. Penyerapan terhadap seng pada laju alir 2 mL/menit pada jam pertama sampai jam ke-6 mengalami peningkatan penyerapan yang satbil pada tiap jam. Penyerapan seng (Zn) pada laju alir dari jam pertama menuju jam ke-6 mengalami kenaikan yang stabil dengan persentase sebesar 88,1% pada jam ke-1, 90,1% pada jam ke-2, 91,8% pada jam ke-3, dan 93,1% pada jam ke-4. Sedangkan pada jam ke-5 sampai jam ke-6 memiliki penyerapan sebesar 93,9% pada jam ke-5, dan 94% pada jam ke-6, 91,3%. Pada jam ke-7 dan jam ke-8 mengalami kenaikan persentase penyerapan sebesar 0,1% yaitu 95,1% dan 95,2%. Dari hasil persentase peningkatan adsorpsi pada laju alir 2 mL/menit dapat dilihat, bahwa dapat mempengaruhi penyerapan logam berat limbah artifisial pada permukaan bioadsorben.

Penyerapan terhadap seng dengan laju alir 4 mL/menit pada bed depth 15 cm pada jam pertama sampai jam ke-8 mengalami

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

peningkatan penyerapan yang stabil pada tiap jam. Penyerapan seng (Zn) pada laju alir 4 mL/menit dari jam pertama menuju jam ke-8 mengalami kenaikan yang stabil dengan persentase sebesar 81,2% pada jam ke-1, 84,9% pada jam ke-2, 88,6% pada jam ke-3, dan 90,5% pada jam ke-4. Sedangkan pada jam ke-5 sampai jam ke-8 memiliki penyerapan sebesar 91,5% pada jam ke-5, 92,6% pada jam ke-6, 93,8% pada jam ke-7, dan 94,9% pada jam ke-8. Dari hasil persentase peningkatan adsorpsi pada laju alir 4 mL/menit dapat dilihat, bahwa dapat mempengaruhi penyerapan logam berat limbah artifisial pada permukaan bioadsorben.

Kemampuan adsorpsi pada laju alir 6 mL/menit pada jam pertama sampai jam ke-3 mengalami peningkatan penyerapan yang cukup tinggi pada tiap jam. Penyerapan seng (Zn) pada laju alir dari jam pertama menuju jam ke-3 mengalami kenaikan yang tinggi dengan persentase sebesar 57,6% pada jam ke-1, 64,6% pada jam ke-2, dan 71,9% pada jam ke-3. Pada jam ke-4 sampai jam ke-5 mengalami persensentase penyerapan yang stabil yaitu 75% dan 77,5%. Kenaikan penyerapan yang tinggi terjadi dari jam ke-5 sampai jam ke-7 dengan persentase penyerapan sebesar 77,5% pada jam ke-5, 83,7% pada jam ke-6, dan 89,6% pada jam ke-7. Sedangkan pada jam ke-7 menuju jam ke-8 mengalami penyerapan yang stabil.

Berdasarkan data hasil diatas dapat disimpulkan bahwa variasi laju alir dan tinggi bioadsorben berpengaruh pada hasil outlet dari limbah artifisial. Hasil penelitian yang telah didapatkan selanjutnya melakukan uji validitasnya. Pengujian validitas pada penelitian ini dapat menggunakan model adsorpsi dalam sistem kontinyu (model Thomas) dan dengan cara analisa statistik. Syarat yang harus terpenuhi untuk melakukan uji validitas dengan model adsorpsi dalam sistem kontinyu (model Thomas) adalah dengan data hasil analisa harus mengalami titik exhaust. Titik exhaust

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

sendiri yaitu suatu adsorben atau bioadsorben tidak dapat lagi menyerap logam yang melewati kolom adsorpsi.

Pada penelitian data hasil analisis yang didapatkan belum mencapai titik exhaust, oleh sebab itu uji validitas yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis statistik. Analisis statistik yang digunakan yaitu kruskall wallis yang merupakan salah satu uji statistik untuk mengetahui atau memepelajari perbedaan rata-rata lebih dari dua kelompok dan dua faktor lebih. Sedangkan data yang digunakan pada uji statistik yaitu data kuantitatif. Data hasil yang akan diolah terlebih dahulu diuji normalitas dan homogenitasnya menggunakan SPSS. Hasil yang didapatkan dari uji normalitas dapat dilihat pada **Tabel 4.7** dan homogenitas pada variasi laju alir dapat dilihat pada **Tabel 4.8** berikut ini.

Tabel 4. 7 Uji test normalitas dengan shapiro wilk pada bed depth 15 cm

Tests of Normality

		Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	laju alir	Statistic	Df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
nilai konsentrasi akhir	laju alir 2	.198	8	.200*	.894	8	.256
	laju alir 4	.188	8	.200*	.922	8	.442
	laju alir 6	.124	8	.200*	.955	8	.756

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data penelitian berdistribusi normal atau tidak. Pada analisis statistik parametrik, data yang berditribusi normal merupakan syarat yang harus terpenuhi. Salah satu uji normalitas yang digunakan yaitu uji shapiro wilk, sampel yang dibutuhkan untuk uji shapiro wilk yaitu berjumlah dibawah 50 sampel. Data berdistribusi normal jika nilai sig. > 0,05 dan data tidak berdistribusi normal jika nilai sig. < 0,05. Berdasarkan **Tabel 4.8** diatas didapatkan hasil laju alir 2 mL/menit memiliki nilai sig. 0,256 > 0,05, laju alir 4 mL/menit memiliki nilai

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

sig. 0,442 > 0,05, dan laju alir 6 mL/menit memiliki nilai sig. 0,756 > 0,05. Maka dapat disimpulkan bahwa uji normalitas yang dilakukan menunjukkan hasil uji berdistribusi normal. Hasil uji homogenitas dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4. 8 Uji Test Homogenitas Pada Bed Depth 15 cm

Test of Homogeneity of Variances

nilai konsentrasi akhir

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
6.482	2	21	.006

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Uji homogenitas merupakan salah satu uji statistik yang bertujuan untuk mengetahui data dari populasi memiliki varians sama atau tidak. Dasar pengambilan keputusan dalam uji homogenitas dapat didasarkan pada:

3. Jika nilai signifikan atau sig. > 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa varians dari dua atau lebih data adalah tidak sama atau tidak homogen.
4. Jika nilai signifikan atau sig. < 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa varians dari dua atau lebih data adalah sama atau homogen.

Berdasarkan **Tabel 4.8** didapatkan hasil bahwa bahwa nilai sig. 0,006 < 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa uji homogenitas yang dilakukan menunjukkan hasil uji homogen.

4.5.3 Pengujian Variasi Laju Alir dengan dengan *Bed Depth* 18 cm

Hasil uji penelitian pada pengaruh variasi laju alir pada kolom adsoprsi dengan laju lair sebesar 2 mL/menit, 4 mL/menit, 6 mL/menit terhadap parameter *bed depth* 18 cm. Pada penelitian ini dilakukan pengamatan dengan mengalirkan limbah artifisial kedalam kolom adsorpsi selama 8 jam, yang dimana limbah artifisial memiliki kadar seng sebanyak 5,7 mg/L. Data dari hasil penelitian pada variasi laju alir dengan *bed depth* 18 cm dapat dilihat 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 Data Hasil Kadar Seng (Zn) pada *Bed Depth* 18 cm

Waktu Kontak (jam)	Bed Depth (cm)	C0 (mg/L)	Ct (mg/L)		
			2	4	6
1	18	5.726	0.855	1.573	2.576
2	18	5.726	0.544	1.162	2.044
3	18	5.726	0.435	0.795	1.849
4	18	5.726	0.393	0.582	1.333
5	18	5.726	0.335	0.484	1.268
6	18	5.726	0.311	0.406	0.668
7	18	5.726	0.306	0.317	0.599
8	18	5.726	0.242	0.253	0.464

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Keterangan: C0 : Kadar Awal Seng (Zn)

Ct : Kadar Akhir Seng (Zn)

Menurut data hasil pada **Tabel 4.9** dapat diketahui bahwa kadar seng (Zn) pada limbah artifisial setelah dialirkan melewati kolom bioadsorben dengan tinggi 18 cm, hasil outlet atau hasil akhirnya adalah 0,242 mg/L – 2,576 mg/L. Hasil kadar effluen dari pengujian terhadap ketiga variasi laju alir mempunyai hasil yang berbeda-beda. Kadar seng terendah pada laju alir 2 mL/menit terdapat pada jam ke-8 dengan hasil 0,242 mg/L. Pada laju alir 4 mL/menit kadar seng terendah terdapat pada jam ke-8 dengan hasil 0,253 mg/L, dan untuk laju alir 6 mL/menit kadar seng terendah terdapat pada jam ke-8 dengan hasil 0,464 mg/L. Data hasil efesiensi penyerapan kadar seng (Zn) pada variasi laju alir dengan bed depth 18 cm dapat dilihat pada **Tabel 4.10**.

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

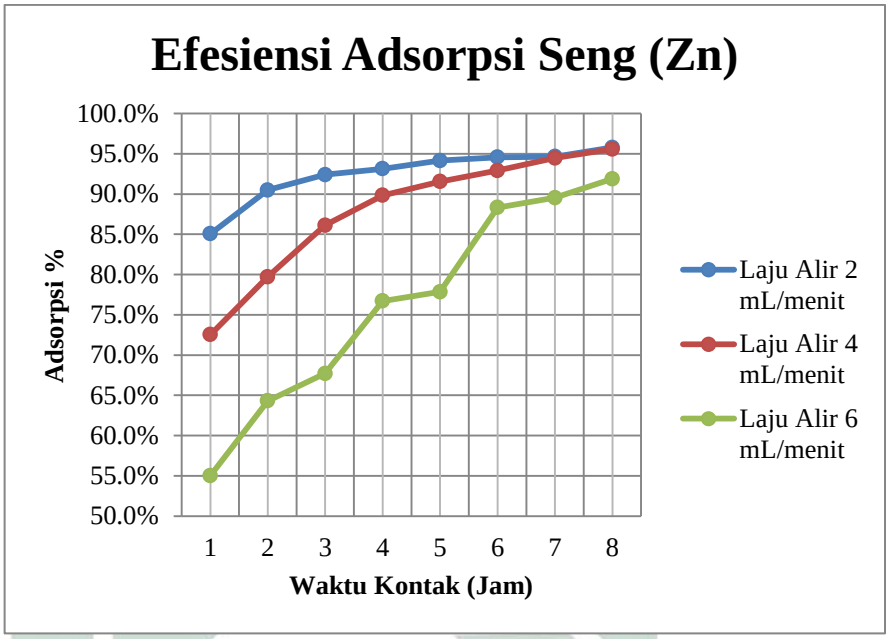
Tabel 4. 10 Efesiensi penyerapan Seng (Zn) pada *Bed Depth* 18 cm

Waktu Kontak (jam)	Bed Depth (cm)	C0 (mg/L)	Ct (%)		
			2	4	6
1	18	5.726	85.1%	72.5%	55.0%
2	18	5.726	90.5%	79.7%	64.3%
3	18	5.726	92.4%	86.1%	67.7%
4	18	5.726	93.1%	89.8%	76.7%
5	18	5.726	94.1%	91.5%	77.9%
6	18	5.726	94.6%	92.9%	88.3%
7	18	5.726	94.7%	94.5%	89.5%
8	18	5.726	95.8%	95.6%	91.9%
Rata – rata			92.5%	87.8%	76.4%

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Dari hasil data pada **Tabel 4.10** menunjukkan bahwa efesiensi adsorpsi seng (Zn) pada laju alir 2 mL/menit, 4 mL/menit, mL/menit, memiliki rata-rata efesiensi sebesar 92,5%, 87,8%, dan 76,4%. Penyerapan bioadsorben terhadap seng (Zn) pada laju alir 2 mL/menit berkisar antara 85,1%-95,8%, pada laju alir 4 mL/menit berkisar antara 72,5%-95,6%, sedangkan pada laju alir 6 mL/menit penyerapan terhadap seng (Zn) berkisar antara 55% - 91,9%.

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



Gambar 4. 7 Grafik Efesiensi Adsorpsi Seng (Zn) pada *Bed Depth* 18 cm

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Berdasarkan grafik pada **Gambar 4.7** menunjukkan bahwa terdapat perbedaan penyerapan terhadap seng (Zn) pada laju alir 2 mL/menit, 4 mL/menit, dan 6 mL/menit. Penyerapan seng (Zn) pada laju alir 2 mL/menit dari jam pertama menuju jam ke-2 mengalami kenaikan yang tinggi dengan persentase sebesar 85,1% pada jam ke-1, dan 90,5% pada jam ke-2. Pada jam ke-2 sampai jam ke-6 mengalami peningakatan penyerapan yang stabil dengan persentase 90,5% pada jam ke-2, 92,4% pada jam ke-3, 93,1% pada jam ke-4, 94,1% pada jam ke-5, dan 94,6% pada jam ke-6. Pada jam ke-7 mengalami penyerapan sebesar 94,7% meningkat sebesar 0,1% dari jam ke-6 sebesar 94,6%. Sedangkan pada jam ke-8 kembali mengalami peningkatan dengan persentase penyerapan sebesar 95,8%. Dari hasil persentase peningkatan adsorpsi pada laju alir 2 mL/menit dapat dilihat, bahwa dapat mempengaruhi penyerapan logam berat limbah artifisial pada permukaan bioadsorben.

Penyerapan terhadap seng dengan laju alir 4 mL/menit pada bed depth 18 cm pada jam pertama sampai jam ke-8 mengalami

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

peningkatan penyerapan yang cukup tajam pada tiap jam. Penyerapan seng (Zn) pada laju alir 4 mL/menit dari jam pertama menuju jam ke-8 mengalami kenaikan yang cukup tajam dengan persentase sebesar 72,5% pada jam ke-1, 79,7% pada jam ke-2, 86,1% pada jam ke-3, dan 89,8% pada jam ke-4. Sedangkan pada jam ke-5 sampai jam ke-8 memiliki penyerapan sebesar 91,5% pada jam ke-5, 92,9% pada jam ke-6, 94,5% pada jam ke-7, dan 95,6% pada jam ke-8. Dari hasil persentase peningkatan adsorpsi pada laju alir 4 mL/menit dapat dilihat, bahwa dapat mempengaruhi penyerapan logam berat limbah artifisial pada permukaan bioadsorben.

Kemampuan adsorpsi pada laju alir 6 mL/menit pada jam pertama sampai jam ke-4 mengalami peningkatan penyerapan yang cukup tajam pada tiap jam. Penyerapan seng (Zn) pada laju alir dari 6 mL/menit jam pertama menuju jam ke-4 dengan persentase sebesar 55% pada jam ke-1, 64,3% pada jam ke-2, 67,7% pada jam ke-3, dan 76,7% pada jam ke-4. Jam ke-4 menuju jam ke-5 mengalami persentase penyerapan yang stabil yaitu 76,7% dan 77,9%. Kenaikan penyerapan logamberat yang tajam terjadi pada jam ke-5 menuju jam ke-6 dengan persentase penyerapan sebesar 77,9% pada jam ke-5, naik 10,4 % pada jam ke-6 menjadi 88,3%. Sedangkan pada jam ke-6 menuju jam ke-8 mengalami penyerapan yang stabil dengan persentase penyerapan sebesar 88,3% pada jam ke-6, 89,5% pada jam ke-7, dan 91,9% pada jam ke-8.

Berdasarkan data hasil diatas dapat disimpulkan bahwa variasi laju alir dan tinggi bioadsorben berpengaruh pada hasil outlet dari limbah artifisial. Hasil penelitian yang telah didapatkan selanjutnya melakukan uji validitasnya. Pengujian validitas pada penelitian ini dapat menggunakan model adsorpsi dalam sistem kontinyu (model Thomas) dan dengan cara analisa statistik. Syarat yang harus terpenuhi untuk melakukan uji validitas dengan model adsorpsi dalam sistem kontinyu (model Thomas) adalah 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

data hasil analisa harus mengalami titik exhaust. Titik exhaust sendiri yaitu suatu adsorben atau bioadsorben tidak dapat lagi menyerap logam yang melewati kolom adsorpsi.

Pada penelitian data hasil analisis yang didapatkan belum mencapai titik exhaust, oleh sebab itu uji validitas yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis statistik. Analisis statistik yang digunakan yaitu uji kruskal wallis, yang dimana merupakan salah satu uji statistik untuk mengetahui atau memepelajari perbedaan rata-rata lebih dari dua kelompok dan dua faktor lebih.Sedangkan data yang digunakan pada uji statistik yaitu data kuantitatif. Data hasil yang akan diolah terlebih dahulu diuji normalitas dan homogenitasnya menggunakan SPSS. Hasil yang didapatkan dari uji normalitas dapat dilihat pada **Tabel 4.11** dan homogenitas pada variasi laju alir dapat dilihat pada **Tabel 4.12** berikut ini.

Tabel 4. 11 Uji Test Normalitas Dengan Shapiro Wilk Pada Bed Depth 18 cm

Tests of Normality

		Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	laju alir	Statistic	df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
nilai konsentrasi akhir	laju alir 2	.235	8	.200*	.826	8	.054
	laju alir 4	.223	8	.200*	.879	8	.183
	laju alir 6	.190	8	.200*	.933	8	.547

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data penelitian berdistribusi normal atau tidak. Pada analisis statistik parametrik, data yang berditribusi normal merupakan syarat yang harus terpenuhi. Salah satu uji normalitas yang digunakan yaitu uji shapiro wilk, sampel yang dibutuhkan untuk uji shapiro wilk yaitu berjumlah dibawah 50 sampel. Data berdistribusi normal jika nilai sig. > 0,05 dan data tidak berdistribusi normal jika nilai sig. < 0,05. Berdasarkan **Tabel 4.11** diatas didapatkan hasil laju alir 2 mL/menit memiliki nilai sig. 0,054 > 0,05, laju alir 4 mL/menit memiliki nilai sig. 0,183 > 0,05, dan laju alir 6 mL/menit memiliki

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

nilai sig. 0,547 > 0,05. Maka dapat disimpulkan bahwa uji normalitas yang dilakukan menunjukkan hasil uji berdistribusi normal. Hasil uji homogenitas dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4. 12 Uji Test Homogenitas Pada Bed Depth 18 cm

Test of Homogeneity of Variances

Nilai Konsentrasi Akhir

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
5.429	2	21	.013

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Uji homogenitas merupakan salah satu uji statistik yang bertujuan untuk mengetahui data dari populasi memiliki varians sama atau tidak. Dasar pengambilan keputusan dalam uji homogenitas dapat didasarkan pada:

5. Jika nilai signifikan atau sig. > 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa varians dari dua atau lebih data adalah tidak sama atau tidak homogen.
6. Jika nilai signifikan atau sig. < 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa varians dari dua atau lebih data adalah sama atau homogen.

Berdasarkan **Tabel 4.12** didapatkan hasil bahwa bahwa nilai sig. 0,013 < 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa uji homogenitas yang dilakukan menunjukkan hasil uji homogen.

Data hasil yang didapatkan kemudian dilakukan uji kruskal wallis. Analisis statistik yang digunakan yaitu kruskall wallis yang merupakan salah satu uji statistik untuk mengetahui atau memepelajari perbedaan rata-rata lebih dari dua kelompok dan dua faktor lebih. Data hasil ranks dari uji statistik kruskal wallis dapat dilihat pada tabel berikut 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

Tabel 4. 13 Data Hasil Nilai Ranks pada Variasi Laju Alir

Ranks

	Laju Alir	N	Mean Rank
Nilai Efesiensi	2	24	22.88
	4	24	32.40
	6	24	54.23
	Total	72	

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Dari data hasil apada **Tabel 4.13** diketahui bahwa hasil pengujian menunjukkan nilai rank pada variasi laju alir 6 mL/menit yaitu 54,23 lebih besar dibandingkan dengan laju alir 6 mL/menit dengan ranks 22,88 dan 4 mL/menit dengan ranks 32,40. Untuk hasil uji statistik dengan kruskal wallis dapat dilihat pada **Tabel 4.14** berikut ini.

Tabel 4. 14 Hasil Uji Statistik dengan Kruskal Wallis pada Variasi Laju Alir

Test Statistics[a,b]

	Nilai Efesiensi
Chi-Square	28.320
Df	2
Asymp. Sig.	.000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Laju Alir

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Berdasarkan pada **Tabel 4.14** diatas dapat diketahui bahwa hasil uji signifikan (Asymp. Sig) memiliki nilai sebesar 0,000, maka dalam pengambilan keputusan dalam uji kruskal wallis dapat dilakukan dengan membandingkan nilai signifikan dengan probabilitas $\alpha = 0{,}05$. Maka, jika nilai signifikan (Asymp. Sig) lebih besar dari probabilitas $\alpha = 0{,}05$, dapat diartikan bahwa tidak ada perbedaan antara variasi yang digunakan atau H_0 diterima. Apabila nilai nilai signifikan (Asymp. Sig) lebih kecil dari probabilitas $\alpha = 0{,}05$ dapat diartikan bahwa ada perbedaan antara variasi yang digunakan atau H_0 ditolak. Dari hasil diatas dapat diketahui bahwa nilai signifikan (Asymp. Sig) sebesar $0{,}000 < \alpha = 0{,}05$, yang dapat

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

diartikan bahwa H_0 ditolak dan H_1 diterima, sehingga dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan diantara variasi laju alir 2 mL/menit, 4 mL/menit, dan 6 mL/menit yang telah digunakan dalam penelitian ini. Ini menunjukkan bahwa pengaruh dari laju alir 2 mL/menit dapat membuat penyisihan kadar seng (Zn) lebih banyak jika dibandingkan dengan laju alir yang lebih cepat. Hal tersebut terjadi dikarenakan kontak antara adsorbat dengan adsorben memiliki waktu yang lebih lama.

Berdasarkan data diatas dapat disimpulkan bahwa semakin kecil laju alir maka semakin besar penyisihan logam berat seng (Zn) dibandingkan dengan laju alir yang lebih besar. Menurut penelitian (Sylvia et al., 2017) semakin kecil laju alir yang digunakan maka semakin banyak logam berat yang terserap. Laju alir yang kecil menyebabkan terjadinya kontak antara logam berat dengan bioadsorben semakin lama sehingga logam berat yang teradsorpsi semakin banyak. Sedangkan jika laju alir semakin besar maka akan menyebabkan penyerapan logam berat yang rendah. Hal ini disebabkan terjadinya *channeling*, yaitu suatu kondisi yang tidak normal dimana terdapat gelembung-gelembung udara yang terjebak diantara bioadsorben (Utama, 2015). Hal ini dapat menyebabkan beberapa bagian dari adsorben tidak berkontak secara langsung dengan air limbah artifisial, dan dapat mengurangi penyerapan seng (Zn).

4.5.4 Pengujian Variasi *Bed Depth* dengan laju alir 2 mL/menit

Hasil uji penelitian pada pengaruh variasi bed depth pada kolom adsoprsi dengan tinggi 12, 15, 18 cm, terhadap parameter laju alir 2 mL/menit. Pada penelitian ini dilakukan pengamatan dengan mengalirkan limbah artifisial kedalam kolom adsorpsi selama 8 jam, yang dimana limbah artifisial memiliki kadar seng sebanyak 5,7 mg/L. Data dari hasil penelitian pada variasi bed depth dengan laju alir 2 mL/menit dapat dilihat pada **Tabel 4.15**.

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. 15 Data Hasil Kadar Seng (Zn) pada Laju Alir 2 mL/menit

Waktu Kontak (jam)	Laju Alir (mL/menit)	C0 (mg/L)	Ct (mg/L)		
			12	15	18
1	2	5.726	0.551	0.681	0.855
2	2	5.726	0.541	0.568	0.544
3	2	5.726	0.531	0.470	0.435
4	2	5.726	0.470	0.396	0.393
5	2	5.726	0.455	0.347	0.335
6	2	5.726	0.449	0.341	0.311
7	2	5.726	0.409	0.282	0.306
8	2	5.726	0.345	0.283	0.242

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Keterangan: C0 : Kadar Awal Seng (Zn)

Ct : Kadar Akhir Seng (Zn)

Menurut data hasil pada **Tabel 4.15** dapat diketahui bahwa kadar seng (Zn) pada limbah artifisial setelah dialirkan melewati kolom bioadsorben, hasil outlet atau hasil akhirnya adalah 0,242 mg/L – 0.855 mg/L. Hasil kadar effluen dari pengujian terhadap ketiga kolom mempunyai hasil yang berbeda-beda. Kadar seng terendah pada *bed depth* 12 cm terdapat pada jam ke-8 dengan hasil 0,345 mg/L. Pada *bed depth* 15cm kadar seng terendah terdapat pada jam ke-7 dengan hasil 0,282 mg/L, dan untuk *bed depth* 18 kadar seng terendah terdapat pada jam ke-8 dengan hasil 0,242 mg/L. Data hasil efesiensi penyerapan kadar seng (Zn) pada variasi *bed depth* dengan laju alir 2 mL/menit dapat dilihat pada **Tabel 4.16**.

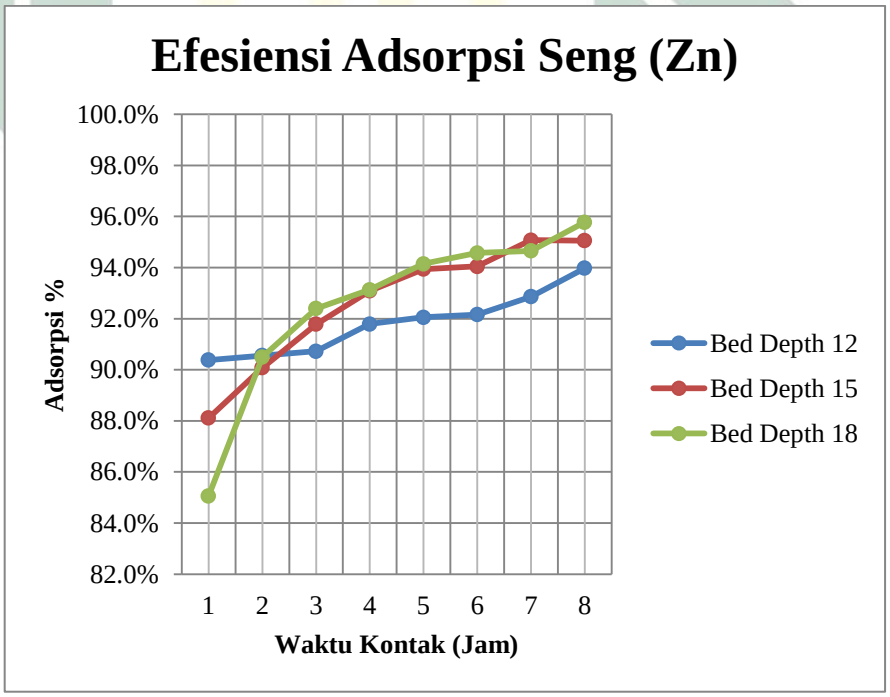
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4. 16 Efesiensi penyerapan Seng (Zn) Laju Alir 2 mL/menit

Waktu Kontak (jam)	Laju Alir (mL/menit)	C0 (mg/L)	Ct (%)		
			12	15	18
1	2	5.726	90.4%	88.1%	85.1%
2	2	5.726	90.6%	90.1%	90.5%
3	2	5.726	90.7%	91.8%	92.4%
4	2	5.726	91.8%	93.1%	93.1%
5	2	5.726	92.1%	93.9%	94.1%
6	2	5.726	92.2%	94.0%	94.6%
7	2	5.726	92.9%	95.1%	94.7%
8	2	5.726	94.0%	95.1%	95.8%
Rata – rata			91.8%	92.6%	92.5%

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Dari hasil data pada **Tabel 4.16** menunjukkan bahwa efesiensi adsorpsi seng (Zn) pada *bed depth* 12 memiliki rata-rata efesiensi sebesar 91,8%, sedangkan pada *bed depth* 15 dan 18 memiliki rata-rata 92,6% dan 92,5%.



Gambar 4. 8 Grafik Efesiensi Adsorpsi Seng (Zn) pada Laju Alir 2 mL/menit

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Berdasarkan grafik pada **Gambar 4.8** menunjukkan bahwa terdapat perbedaan penyerapan terhadap seng (Zn) pada *bed depth*

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

12, 15, 18 cm. Penyerapan terhadap seng (Zn) pada *bed depth* 12 cm jam pertama sampai dengan jam ke-3 cenderung stabil dengan masing-masing mengalami besar penyerapan sebesar 90,4%, 90,6%, dan 90,7%. Pada jam ke-4 mengalami kenaikan hingga 91,8%, sedangkan pada jam ke-5 dan ke-6 mengalami penyerapan yang sama dengan kenaikan penyerapan sebesar 0,1 % dari 92,1% ke 92,2%. Pada jam ke-7 dan ke-8 kemampuan penyerapannya mengalami kenaikan sebesar 92,9% dan 94%, besar kenaikan yang terjadi membuktikan bahwa kemampuan adsorpsi pada permukaan bioadsorben masih dapat menyerap kadar logam berat pada limbah artifisial.

Penyerapan terhadap seng pada *bed depth* 15 cm jam ke-1 sampai jam ke-4 mengalami peningkatan penyerapan yang stabil, dengan besar penyerapan masing-masing pada tiap jam sebesar 88,1%, 90,1%, 91,8%, dan 93,1%. Pada jam ke-5 menuju jam ke-6 mengalami kenaikan penyerapan sebesar 0,1% dari 93,9% meningkat menjadi 94%. Sedangkan pada jam ke-7 dan jam ke-8 mengalami peningkatan penyerapan sama yaitu sebesar 95,1%. Dari hasil persentase peningkatan adsorpsi pada *bed depth* 15 cm dapat dilihat bahwa permukaan pada bioadsorben masih dapat menyerap logam berat yang terdapat pada limbah artifisial.

Kemampuan adsorpsi pada *bed depth* 18 cm pada jam pertama mengalami penyerapan paling rendah dibandingkan dengan jam pertama pada *bed depth* 12 cm dan 15 cm. Penyerapan seng (Zn) pada *bed depth* 18 cm dari jam pertama menuju jam ke-2 mengalami kenaikan yang tinggi sebesar 5,4% dari 85,1% menjadi 90,5%. Sedangkan pada jam ke-3 sampai jam ke-5 mengalami peningkatan penyerapan yang stabil dengan masing-masing sebesar 92,4%, 93,1%, dan 94,1%. Pada jam ke-5 dan ke-6 mengalami penyerapan yang sama dengan kenaikan penyerapan sebesar 0,1 % dari 94,6% menjadi 94,7%. Pada jam ke-8 mengalami peningkatan pada sebesar 95,8%. Dari hasil persentase

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

data analisis pada *bed depth* 12 cm, 15 cm, dan 18 cm dapat diketahui bahwa belum mencapai titik *breakhtrough* atau titik *exhaust*. Titik *breakhtrough* merupakan suatu titik dimana ketika bioadsorben atau adsorben sudah tidak dapat menyerap logam berat yang terdapat pada limbah dengan kadar efluennya 10% dari kadar influennya (Anwar, 2020).

Berdasarkan data hasil diatas dapat disimpulkan bahwa variasi bed depth dan laju alir bioadsorben berpengaruh pada hasil outlet dari limbah artifisial. Hasil penelitian yang telah didapatkan selanjutnya melakukan uji validitasnya. Pengujian validitas pada penelitian ini dapat menggunakan model adsorpsi dalam sistem kontinyu (model Thomas) dan dengan cara analisa statistik. Syarat yang harus terpenuhi untuk melakukan uji validitas dengan model adsorpsi dalam sistem kontinyu (model Thomas) adalah dengan data hasil analisa harus mengalami titik exhaust. Titik exhaust sendiri yaitu suatu adsorben atau bioadsorben tidak dapat lagi menyerap logam yang melewati kolom adsorpsi.

Pada penelitian data hasil analisis yang didapatkan belum mencapai titik exhaust, oleh sebab itu uji validitas yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis statistik. Analisis statistik yang digunakan yaitu uji kruskal wallis, yang dimana merupakan salah satu uji statistik untuk mengetahui atau memepelajari perbedaan rata-rata lebih dari dua kelompok dan dua faktor lebih. Sedangkan data yang digunakan pada uji statistik yaitu data kuantitatif. Data hasil yang akan diolah terlebih dahulu diuji normalitas dan homogenitasnya menggunakan SPSS. Hasil yang didapatkan dari uji normalitas dapat dilihat pada **Tabel 4.17** dan homogenitas pada variasi laju alir dapat dilihat pada **Tabel 4.18** berikut 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

Tabel 4. 17 Uji Test Normalitas Dengan Shapiro Wilk Pada laju alir 2 mL/menit

Tests of Normality

		Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Bed Depth	Statistic	Df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Nilai Konsentrasi Akhir (Ct)	Bed Depth 12 cm	.184	8	.200*	.934	8	.549
	Bed Depth 15 cm	.198	8	.200*	.894	8	.256
	Bed Depth 18 cm	.235	8	.200*	.826	8	.054

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data penelitian berdistribusi normal atau tidak. Pada analisis statistik parametrik, data yang berditribusi normal merupakan syarat yang harus terpenuhi. Salah satu uji normalitas yang digunakan yaitu uji shapiro wilk, sampel yang dibutuhkan untuk uji shapiro wilk yaitu berjumlah dibawah 50 sampel. Data berdistribusi normal jika nilai sig. > 0,05 dan data tidak berdistribusi normal jika nilai sig. < 0,05. Berdasarkan **Tabel 4.17** diatas didapatkan hasil bed depth 12 cm memiliki nilai sig. 0,549 > 0,05, bed depth 15 cm memiliki nilai sig. 0,256 > 0,05, dan bed depth 18 cm memiliki nilai sig. 0,054 > 0,05. Maka dapat disimpulkan bahwa uji normalitas yang dilakukan menunjukkan hasil uji berdistribusi normal. Hasil uji homogenitas dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4. 18 Uji Test Homogenitas Pada laju alir 2 mL/menit

Test of Homogeneity of Variances

nilai konsentrasi akhir

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.855	2	21	.181

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Uji homogenitas merupakan salah satu uji statistik yang bertujuan untuk mengetahui data dari populasi memiliki varians sama atau tidak. Dasar pengambilan keputusan dalam uji homogenitas dapat didasarkan 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

7. Jika nilai signifikan atau sig. > 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa varians dari dua atau lebih data adalah tidak sama atau tidak homogen.
8. Jika nilai signifikan atau sig. < 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa varians dari dua atau lebih data adalah sama atau homogen.

Berdasarkan **Tabel 4.18** didapatkan hasil bahwa bahwa nilai sig. 0,181 > 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa uji homogenitas yang dilakukan menunjukkan hasil uji tidak homogen.

4.5.5 Pengujian Variasi *Bed Depth* dengan laju alir 4 mL/menit

Hasil uji penelitian pada pengaruh variasi *bed depth* pada kolom adsoprsi dengan tinggi 12, 15, 18 cm, terhadap parameter laju alir 4 mL/menit. Pada penelitian ini dilakukan pengamatan dengan mengalirkan limbah artifisial kedalam kolom adsorpsi selama 8 jam, yang dimana limbah artifisial memiliki kadar seng sebanyak 5,7 mg/L. Data dari hasil penelitian pada variasi bed depth dengan laju alir 4 mL/menit dapat dilihat pada **Tabel 4.19**.

Tabel 4. 19 Data Hasil Kadar Seng (Zn) pada Laju Alir 4 mL/menit

Waktu Kontak (jam)	Laju Alir (mL/menit)	C0 (mg/L)	Ct (mg/L)		
			12	15	18
1	4	5.726	1.734	1.076	1.573
2	4	5.726	1.423	0.865	1.162
3	4	5.726	0.756	0.653	0.795
4	4	5.726	0.435	0.545	0.582
5	4	5.726	0.399	0.487	0.484
6	4	5.726	0.354	0.422	0.406
7	4	5.726	0.316	0.357	0.317
8	4	5.726	0.273	0.293	0.253

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Berdasarkan data hasil pada **Tabel 4.19** dapat diketahui bahwa kadar seng (Zn) pada limbah artifisial setelah dialirkan melewati kolom bioadsorben, hasil outlet atau hasil akhirnya

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

adalah 0,237 mg/L – 1.734 mg/L. Hasil kadar effluen dari pengujian terhadap ketiga kolom mempunyai hasil yang berbeda-beda. Kadar seng terendah pada *bed depth* 12 terdapat pada jam ke-8 dengan hasil 0,273 mg/L. Pada *bed depth* 15 kadar seng terendah terdapat pada jam ke-8 dengan hasil 0,293 mg/L, dan untuk *bed depth* 18 kadar seng terendah terdapat pada jam ke-8 dengan hasil 0,253 mg/L. Data hasil efesiensi penyerapan kadar seng (Zn) pada variasi *bed depth* dengan laju alir 4 mL/menit dapat dilihat pada **Tabel 4.20**.

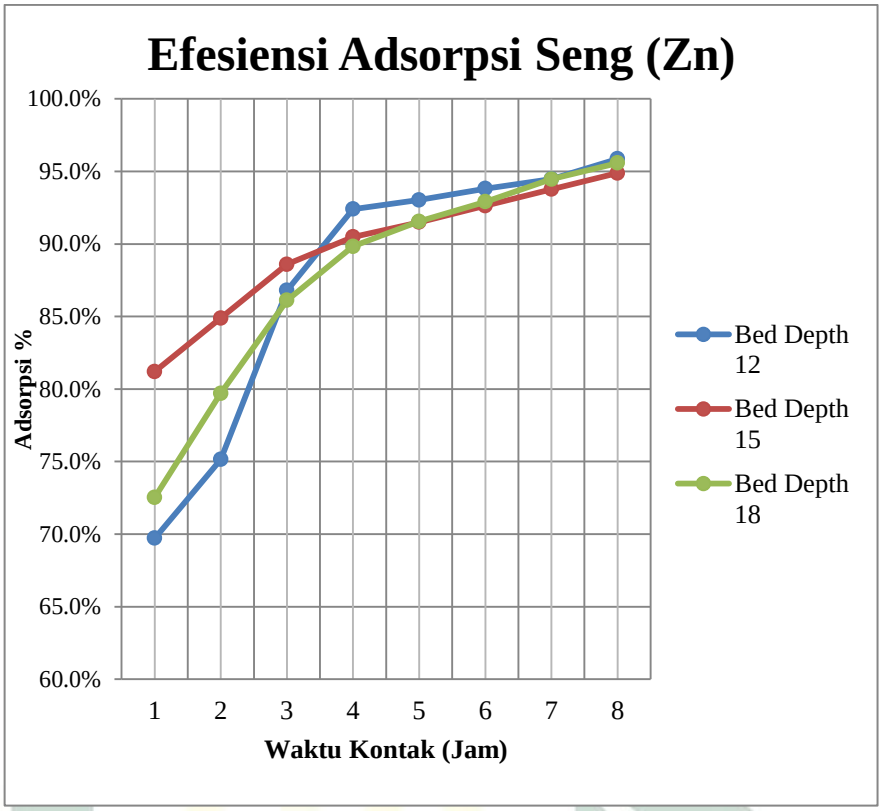
Tabel 4. 20 Efesiensi penyerapan Seng (Zn) Laju Alir 4 mL/menit

Waktu Kontak (jam)	Laju Alir (mL/menit)	C0 (mg/L)	Ct (%)		
			12	15	18
1	4	5.726	69.7%	81.2%	72.5%
2	4	5.726	75.1%	84.9%	79.7%
3	4	5.726	86.8%	88.6%	86.1%
4	4	5.726	92.4%	90.5%	89.8%
5	4	5.726	93.0%	91.5%	91.5%
6	4	5.726	93.8%	92.6%	92.9%
7	4	5.726	94.5%	93.8%	94.5%
8	4	5.726	95,2%	94.9%	95.6%
Rata – rata			87.6%	89.7%	87.8%

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Dari hasil data pada **Tabel 4.20** menunjukkan bahwa efesiensi adsorpsi seng (Zn) pada *bed depth* 12 memiliki rata-rata efesiensi sebesar 87,8%, bed depth 15 cm efesiensi rata-rata 89,7 sedangkan pada *bed depth* 15 memiliki rata-rata 90%. Penyerapan bioadsorben terhadap seng (Zn) pada pada *bed depth* 12 cm berkisar antara 69,7 % - 95,2%, pada *bed depth* 15 berkisar antara 81,2% - 94,9%, sedangkan pada pada *bed depth* 18 penyerapan terhadap seng (Zn) berkisar antara 72,5% - 95,6%.

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. 9 Grafik Efesiensi Adsorpsi Seng (Zn) pada Laju Alir 4 mL/menit

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Berdasarkan grafik pada **Gambar 4.9** menunjukkan bahwa terdapat perbedaan penyerapan terhadap seng (Zn) pada *bed depth* 12, 15, 18 cm. Penyerapan terhadap seng pada *bed depth* 12 cm jam pertama sampai dengan jam ke-4 mengalami peningkatan penyerapan yang tinggi dengan penyerapan sebesar 69,7%, 75,1%, 86,8%, dan 92,4%. Pada jam 5 sampai pada jam ke-8 mengalami peningkatan kemampuan adsorpsi yang stabil sebesar 93%, 93,8%, 94,5%, dan 95,9%. Dari hasil persentase peningkatan adsorpsi pada *bed depth* 12 cm dapat diketahui bahwa permukaan pada bioadsorben masih dapat menyerap logam berat yang terdapat pada limbah artifisial.

Penyerapan terhadap seng pada *bed depth* 15 cm pada jam pertama mempunyai nilai penyerapan paling tinggi sebesar 81,2% dibandingkan jam pertama pada *bed depth* 12 cm sebesar 69,7%

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

dan 18 cm sebesar 72,5%. Pada jam ke-2 sampai jam ke-8 mengalami peningkatan kemampuan adsorpsi yang stabil dengan masing-masing sebesar 84,9% pada jam ke-2, 88,6% pada jam ke-3, 90,5% pada jam ke-4, 91,5% pada jam ke-5, 92,6% pada jam ke-6, 93,8% pada jam ke-7, dan 94,9% pada jam ke-2. Dari hasil persentase peningkatan adsorpsi pada *bed depth* 15 cm dapat dilihat bahwa permukaan pada bioadsorben masih dapat menyerap logam berat yang terdapat pada limbah artifisial.

Sedangkan pada pada *bed depth* 18 cm pada jam pertama sampai jam ke-4 mengalami peningkatan penyerapan yang tinggi sebesar 72,5% pada jam ke-1, 79,7% pada jam ke-2, 86,1% pada jam ke-3, dan 89,8% pada jam ke-4. Pada jam ke-5 sampai jam ke-8 cenderung memiliki peningkatan penyerapan yang stabil, dengan besar penyerapan sebesar 91,5% pada jam ke-5, 92,9% pada jam ke-6, 94,5% pada jam ke-7, dan 95,6% pada jam ke-8. Dari hasil persentase peningkatan adsorpsi pada *bed depth* 18 cm dapat dilihat bahwa permukaan pada bioadsorben masih dapat menyerap logam berat yang terdapat pada limbah artifisial.

Berdasarkan data hasil diatas dapat disimpulkan bahwa variasi bed depth dan laju alir bioadsorben berpengaruh pada hasil outlet dari limbah artifisial. Hasil penelitian yang telah didapatkan selanjutnya melakukan uji validitasnya. Pengujian validitas pada penelitian ini dapat menggunakan model adsorpsi dalam sistem kontinyu (model Thomas) dan dengan cara analisa statistik. Syarat yang harus terpenuhi untuk melakukan uji validitas dengan model adsorpsi dalam sistem kontinyu (model Thomas) adalah dengan data hasil analisa harus mengalami titik exhaust. Titik exhaust sendiri yaitu suatu adsorben atau bioadsorben tidak dapat lagi menyerap logam yang melewati kolom adsorpsi.

Pada penelitian data hasil analisis yang didapatkan belum mencapai titik exhaust, oleh sebab itu uji validitas yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis statistik. Analisis statistik yang

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

digunakan yaitu uji kruskal wallis, yang dimana merupakan salah satu uji statistik untuk mengetahui atau memepelajari perbedaan rata-rata lebih dari dua kelompok dan dua faktor lebih. Sedangkan data yang digunakan pada uji statistik yaitu data kuantitatif. Data hasil yang akan diolah terlebih dahulu diuji normalitas dan homogenitasnya menggunakan SPSS. Hasil yang didapatkan dari uji normalitas dapat dilihat pada **Tabel 4.21** dan homogenitas pada variasi laju alir dapat dilihat pada **Tabel 4.22** berikut ini.

Tabel 4. 21 Uji Test Normalitas Dengan Shapiro Wilk Pada laju alir 4 mL/menit

Tests of Normality

		Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	bed depth	Statistic	Df	Sig.	Statistic	df	Sig.
nilai konsentrasi akhir	bed depth 12	.310	8	.023	.789	8	.022
	bed depth 15	.188	8	.200*	.922	8	.442
	bed depth 18	.223	8	.200*	.879	8	.183

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data penelitian berdistribusi normal atau tidak. Pada analisis statistik parametrik, data yang berditribusi normal merupakan syarat yang harus terpenuhi. Salah satu uji normalitas yang digunakan yaitu uji shapiro wilk, sampel yang dibutuhkan untuk uji shapiro wilk yaitu berjumlah dibawah 50 sampel. Data berdistribusi normal jika nilai sig. > 0,05 dan data tidak berdistribusi normal jika nilai sig. < 0,05. Berdasarkan **Tabel 4.21** diatas didapatkan hasil bed depth 12 cm memiliki nilai sig. 0,022 < 0,05, bed depth 15 cm memiliki nilai sig. 0,442 > 0,05, dan bed depth 18 cm memiliki nilai sig. 0,183 > 0,05. Maka dapat disimpulkan bahwa uji normalitas yang dilakukan menunjukkan hasil uji berdistribusi normal. Hasil uji homogenitas dapat dilihat pada tabel berikut 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

Tabel 4. 22 Uji Test Homogenitas Pada laju alir 4 mL/menit

Test of Homogeneity of Variances

nilai konsentrasi akhir

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.027	2	21	.157

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Uji homogenitas merupakan salah satu uji statistik yang bertujuan untuk mengetahui data dari populasi memiliki varians sama atau tidak. Dasar pengambilan keputusan dalam uji homogenitas dapat didasarkan pada:

9. Jika nilai signifikan atau sig. > 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa varians dari dua atau lebih data adalah tidak sama atau tidak homogen.
10. Jika nilai signifikan atau sig. < 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa varians dari dua atau lebih data adalah sama atau homogen.

Berdasarkan **Tabel 4.22** didapatkan hasil bahwa bahwa nilai sig. 0,157 > 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa uji homogenitas yang dilakukan menunjukkan hasil uji tidak homogen.

4.5.6 Pengujian Variasi *Bed Depth* dengan laju alir 6 mL/menit

Hasil uji penelitian pada pengaruh variasi bed depth pada kolom adsoprsi dengan tinggi 12, 15, 18 cm, terhadap parameter laju alir 6 mL/menit. pada penelitian ini dilakukan pengamatan dengan mengalirkan limbah artifisial kedalam kolom adsorpsi selama 8 jam, yang dimana limbah artifisial memiliki kadar seng sebanyak 5,7 mg/L. Data dari hasil penelitian pada variasi bed depth dengan laju alir 6 mL/menit dapat dilihat pada **Tabel 4.23**.

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

Tabel 4. 23 Data Hasil Kadar Seng (Zn) pada Laju Alir 6 mL/menit

Waktu Kontak (jam)	Laju Alir (mL/menit)	C0 (mg/L)	Ct (mg/L)		
			12	15	18
1	6	5.726	2.390	2.430	2.576
2	6	5.726	2.230	2.040	2.044
3	6	5.726	1.800	1.607	1.849
4	6	5.726	1.090	1.430	1.333
5	6	5.726	0.723	1.291	1.268
6	6	5.726	0.648	0.933	0.668
7	6	5.726	0.498	0.598	0.599
8	6	5.726	0.446	0.551	0.464

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Menurut data hasil pada **Tabel 4.23** dapat diketahui bahwa kadar seng (Zn) pada limbah artifisial setelah dialirkan melewati kolom bioadsorben, hasil outlet atau hasil akhirnya adalah 0,446 mg/L – 2,576 mg/L. Hasil kadar effluen dari pengujian terhadap ketiga kolom mempunyai hasil yang berbeda-beda. Kadar seng terendah pada *bed depth* 12 cm terdapat pada jam ke-8 dengan hasil 0,446 mg/L. Pada *bed depth* 15cm kadar seng terendah terdapat pada jam ke-8 dengan hasil 0,551 mg/L, dan untuk *bed depth* 18 kadar seng terendah terdapat pada jam ke-8 dengan hasil 0,464 mg/L. Data hasil efesiensi penyerapan kadar seng (Zn) pada variasi *bed depth* dengan laju alir 6 mL/menit dapat dilihat pada **Tabel 4.24**.

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

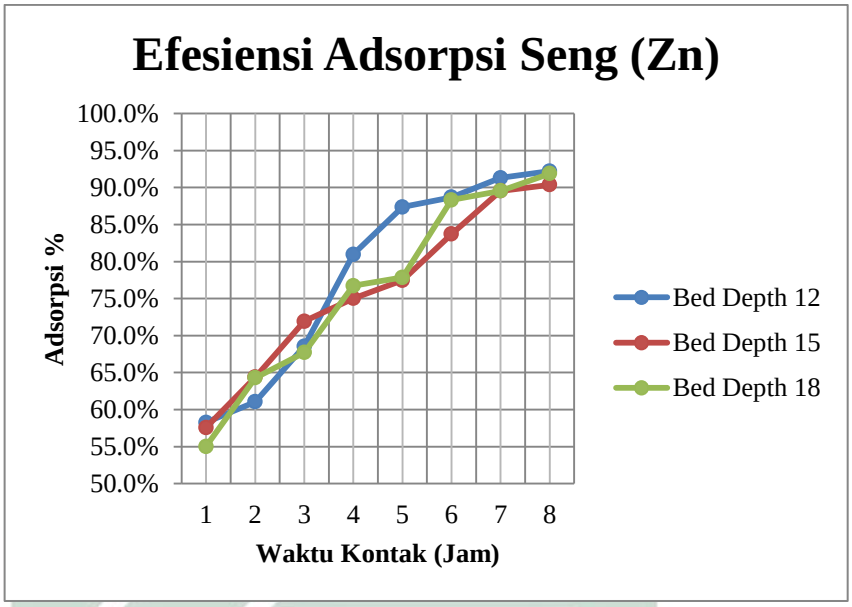
Tabel 4. 24 Efesiensi penyerapan Seng (Zn) Laju Alir 6 mL/menit

Waktu Kontak (jam)	Laju Alir (mL/menit)	C0 (mg/L)	Ct (%)		
			12	15	18
1	6	5.726	58.3%	57.6%	55.0%
2	6	5.726	61.1%	64.4%	64.3%
3	6	5.726	68.6%	71.9%	67.7%
4	6	5.726	81.0%	75.0%	76.7%
5	6	5.726	87.4%	77.5%	77.9%
6	6	5.726	88.7%	83.7%	88.3%
7	6	5.726	91.3%	89.6%	89.5%
8	6	5.726	92.2%	90.4%	91.9%
Rata – rata			78.6%	76.2%	76.4%

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Dari hasil data pada **Tabel 4.24** menunjukkan bahwa efesiensi adsorpsi seng (Zn) pada *bed depth* 12 memiliki rata-rata efesiensi sebesar 78,6%, sedangkan pada *bed depth* 15 dan 18 memiliki rata-rata 76%. Penyerapan bioadsorben terhadap seng (Zn) pada pada *bed depth* 12 cm berkisar antara 58,3 % - 92,2%, pada *bed depth* 15 berkisar antara 57,6% - 90,4%, sedangkan pada pada *bed depth* 18 penyerapan terhadap seng (Zn) berkisar antara 55% - 91,9%.

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



Gambar 4. 10 Grafik Efesiensi Adsorpsi Seng (Zn) pada Laju Alir 6 mL/menit

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Berdasarkan grafik pada **Gambar 4.10** menunjukkan bahwa terdapat perbedaan adsorpsi (penyerapan) terhadap seng (Zn) pada *bed depth* 12, 15, 18 cm. Penyerapan terhadap seng pada *bed depth* 12 cm jam pertama sampai dengan jam ke-4 mengalami peningkatan penyerapan logam berat, dengan persentase penyerapan sebesar 58,3% pada jam ke-1, 61,6% pada jam ke-2, 68,6% pada jam ke-3, dan 81,0% pada jam ke-4. Sedangkan pada jam ke-4 sampai jam ke-8 cenderung mengalami peningkatan penyerapan logam berat yang stabil dengan persentase penyerapan sebesar 87,4% pada jam ke-5, 88,7% pada jam ke-6, 91,3% pada jam ke-7, dan 92,2% pada jam ke-8. Dari hasil persentase peningkatan adsorpsi pada *bed depth* 12 cm dapat dilihat bahwa permukaan pada bioadsorben masih dapat menyerap logam berat yang terdapat pada limbah artifisial.

Penyerapan terhadap seng pada *bed depth* 15 cm pada jam pertama sampai pada jam ke-3 mengalami peningkatan yamg tinggi, dengan persentase pada tiap jam sebesar 57,6% pada jam ke-1, 64,4% pada jam ke-2, dan 71,9% pada jam ke-3. Pada jam

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

ke-3 sampai jam ke- mengalami peningkatan penyerapan stabil dengan persentase penyerapan sebesar 75% pada jam ke-4 dan 77,5% pada jam ke-5. Sedangkan pada jam ke-5 sampai jam ke-7 kembali mengalami peningkatan penyerapan sebesar 83,7% pada jam ke-6 dan 89,6% pada jam ke-7. Sedangkan pada jam ke-8 kembali mengalami keampuan penyerapan yang stabil dengan persentase sebesar 90,4%. Dari hasil persentase peningkatan adsorpsi pada *bed depth* 15 cm dapat dilihat bahwa permukaan pada bioadsorben masih dapat menyerap logam berat yang terdapat pada limbah artifisial.

Sedangkan pada pada *bed depth* 18 cm pada jam pertama sampai jam ke-4 mengalami peningkatan penyerapan yang tinggi dengan persentase penyerapan sebesar 55% pada jam ke-1, 64,3% pada jam ke-2, 67,7% pada jam ke-3, dan 76,7% pada jam ke-4. Pada jam ke-4 sampai jam ke-5 memiliki peningkatan penyerapan yang stabil dengan persentase penyerapan sebesar 77,5%. Pada jam jam ke-6 mengalami peningkatan penyerpan tinggi sebesar 88,3%, sedangkan pada jam ke-7 dan ke-8 kembali mengalami penyerapan logam berat yang stabil dengan persentase penyerapan sebesar 89,5% dan 91,9%. Dari hasil persentase peningkatan adsorpsi pada *bed depth* 18 cm dapat dilihat bahwa permukaan pada bioadsorben masih dapat menyerap logam berat yang terdapat pada limbah artifisial.

Berdasarkan data hasil diatas dapat disimpulkan bahwa variasi bed depth dan laju alir bioadsorben berpengaruh pada hasil outlet dari limbah artifisial. Hasil penelitian yang telah didapatkan selanjutnya melakukan uji validitasnya. Pengujian validitas pada penelitian ini dapat menggunakan model adsorpsi dalam sistem kontinyu (model Thomas) dan dengan cara analisa statistik. Syarat yang harus terpenuhi untuk melakukan uji validitas dengan model adsorpsi dalam sistem kontinyu (model Thomas) adalah dengan data hasil analisa harus mengalami titik exhaust. Titik exhaust

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

sendiri yaitu suatu adsorben atau bioadsorben tidak dapat lagi menyerap logam yang melewati kolom adsorpsi.

Pada penelitian data hasil analisis yang didapatkan belum mencapai titik exhaust, oleh sebab itu uji validitas yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis statistik. Analisis statistik yang digunakan yaitu uji kruskal wallis, yang dimana merupakan salah satu uji statistik untuk mengetahui atau memepelajari perbedaan rata-rata lebih dari dua kelompok dan dua faktor lebih. Sedangkan data yang digunakan pada uji statistik yaitu data kuantitatif. Data hasil yang akan diolah terlebih dahulu diuji normalitas dan homogenitasnya menggunakan SPSS. Hasil yang didapatkan dari uji normalitas dapat dilihat pada **Tabel 4.25** dan homogenitas pada variasi laju alir dapat dilihat pada **Tabel 4.26** berikut ini.

Tabel 4. 25 Uji Test Normalitas Dengan Shapiro Wilk Pada laju alir 6 mL/menit

Tests of Normality

		Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	bed depth	Statistic	Df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
nilai konsentrasi akhir	bed depth 12	.237	8	.200*	.854	8	.105
	bed depth 15	.124	8	.200*	.955	8	.756
	bed depth 18	.190	8	.200*	.933	8	.547

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data penelitian berdistribusi normal atau tidak. Pada analisis statistik parametrik, data yang berditribusi normal merupakan syarat yang harus terpenuhi. Salah satu uji normalitas yang digunakan yaitu uji shapiro wilk, sampel yang dibutuhkan untuk uji shapiro wilk yaitu berjumlah dibawah 50 sampel. Data berdistribusi normal jika nilai sig. > 0,05 dan data tidak berdistribusi normal jika nilai sig. < 0,05. Berdasarkan **Tabel 4.25** diatas didapatkan hasil bed depth 12 cm memiliki nilai sig. 0,105 > 0,05, bed depth 15 cm memiliki nilai sig. 0,756 > 0,05, dan bed depth 18 cm memiliki nilai sig. 0,547 > 0,05. Maka dapat disimpulkan bahwa uji normalitas yang dilakukan

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

menunjukkan hasil uji berdistribusi normal. Hasil uji homogenitas dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4. 26 Uji Test Homogenitas Pada laju alir 6 mL/menit

Test of Homogeneity of Variances

nilai konsentrasi akhir

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.422	2	21	.661

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Uji homogenitas merupakan salah satu uji statistik yang bertujuan untuk mengetahui data dari populasi memiliki varians sama atau tidak. Dasar pengambilan keputusan dalam uji homogenitas dapat didasarkan pada:

11. Jika nilai signifikan atau sig. > 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa varians dari dua atau lebih data adalah tidak sama atau tidak homogen.
12. Jika nilai signifikan atau sig. < 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa varians dari dua atau lebih data adalah sama atau homogen.

Berdasarkan **Tabel 4.26** didapatkan hasil bahwa bahwa nilai sig. 0,661 > 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa uji homogenitas yang dilakukan menunjukkan hasil uji tidak homogen.

Data hasil yang didapatkan kemudian dilakukan uji kruskal wallis. Analisis statistik yang digunakan yaitu kruskall wallis yang merupakan salah satu uji statistik untuk mengetahui atau memepelajari perbedaan rata-rata lebih dari dua kelompok dan dua faktor lebih. Data hasil ranks dari uji statistik kruskal wallis dapat dilihat pada tabel berikut 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

Tabel 4. 27 Nilai Rank pada Variasi *Bed Depth*

Ranks

	Bed depth	N	Mean Rank
Nilai Efesiensi	12	24	36.40
	15	24	36.96
	18	24	36.15
	Total	72	

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Dari data hasil **Tabel 4.27** dapat diketahui hasil pengujian menunjukkan nilai rank pada *bed depth* 15 cm 36,96 lebih besar dibandingkan dengan *bed depth* 12 cm dengan rank 36,40 dan *bed depth* 18 cm dengan ranks 36,15. Untuk hasil uji statistik dengan kruskal wallis dapat dilihat pada **Tabel 4.28**.

Tabel 4. 28 Hasil Uji Statistik dengan Kruskal Wallis pada Variasi *Bed Depth*

Test Statistics[a,b]

	Nilai Efesiensi
Chi-Square	.019
Df	2
Asymp. Sig.	.991

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Bed depth

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Dari data pada **Tabel 4.28** diatas dapat diketahui bahwa hasil uji signifikan (Asymp. Sig) memiliki nilai sebesar 0,991, maka dalam pengambilan keputusan untuk uji kruskal wallis dapat dilakukan dengan membandingkan nilai signifikan dengan probabilitas $\alpha = 0{,}05$. Maka, jika nilai signifikan (Asymp. Sig) lebih besar dari probabilitas $\alpha = 0{,}05$, dapat diartikan bahwa tidak ada perbedaan antara variasi yang digunakan atau H_0 diterima. Apabila nilai nilai signifikan (Asymp. Sig) lebih kecil dari probabilitas $\alpha = 0{,}05$ dapat diartikan bahwa ada perbedaan antara variasi yang digunakan atau H_0 ditolak. Dari hasil diatas dapat diketahui bahwa nilai signifikan (Asymp. Sig) sebesar $0{,}991 > \alpha = 0{,}05$, yang dapat

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

diartikan bahwa H_0 diterima dan H_1 ditolak sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan diantara variasi *bed depth* 12 cm, 15 cm, dan 18 cm yang telah digunakan dalam penelitian ini.

Menurut (Nevyana, 2019), yang menyebutkan bahwa ketebalan pada media yang digunakan sebanding dengan konsentrasi bioadsorben dimana semakin tebal media maka semakin tinggi pula kemampuan adsorpsinya. Luas permukaan media dan luas bidang adsorpsi dari bioadsorben disebabkan oleh tebal media pada suatu kolom perlakuan. Akan tetapi, semakin tinggi atau tebal suatu media maka akan membutuhkan waktu pengaliran yang lama untuk membuat daya penyerapan yang tinggi.

4.6 Integrasi Keilmuan dan Keislaman

Logam seng (Zn) banyak digunakan dalam industri seperti galvanisasi, cat, baterai, peleburan, pupuk dan pestisida, pembakaran bahan bakar fosil, zat penstabil polimer, dll, dan air limbah dari industri ini dapat tercemar seng, karena keberadaannya dalam jumlah besar. Sebagian besar seng larut dalam air dan jika kadar seng (Zn) melebihi baku mutu maka memungkinkan untuk memberikan efek toksik atau berbahaya baik pada tubuh maupun lingkungan. Hal ini dapat dijelaskan dalam Q.S Asy-Syu'ara' ayat 151-152 yang berbunyi:

وَلَا تُطِيعُوٓاْ أَمۡرَ ٱلۡمُسۡرِفِينَ ١٥١ ٱلَّذِينَ يُفۡسِدُونَ فِي ٱلۡأَرۡضِ وَلَا يُصۡلِحُونَ ١٥٢

Artinya:

"*dan janganlah kamu menaati perintah orang-orang yang melampaui batas, (151) yaitu mereka yang berbuat kerusakan di muka bumi dan tidak mengadakan perbaikan.*" (152) – (Q.S As-Syuara: 151-152)

Dari ayat di atas menjelaskan bahwa Allah SWT melarang umatnya yang sudah ditunjuk sebagai khalifah di bumi untuk melakukan kerusakan terhadap lingkungan tanpa melakukan perbaikan. Pada dasarnya alam diciptakan oleh Allah SWT untuk kepentingan manusia, inilah sebabnya

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

manusia memiliki peran penting sebagai khalifah. Sebagaimana dijelaskan dalam Q.S Al-Baqarah ayat 30 yang berbunyi:

وَإِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلَٰٓئِكَةِ إِنِّي جَاعِلٌ فِي ٱلْأَرْضِ خَلِيفَةً ۖ قَالُوٓا۟ أَتَجْعَلُ فِيهَا مَن يُفْسِدُ

فِيهَا وَيَسْفِكُ ٱلدِّمَآءَ وَنَحْنُ نُسَبِّحُ بِحَمْدِكَ وَنُقَدِّسُ لَكَ ۖ قَالَ إِنِّيٓ أَعْلَمُ مَا لَا تَعْلَمُونَ ﴿٣٠﴾

Artinya:

"*Ingatlah ketika Tuhanmu berfirman kepada para Malaikat: "Sesungguhnya Aku hendak menjadikan seorang khalifah di muka bumi". Mereka berkata: "Mengapa Engkau hendak menjadikan (khalifah) di bumi itu orang yang akan membuat kerusakan padanya dan menumpahkan darah, padahal kami senantiasa bertasbih dengan memuji Engkau dan mensucikan Engkau?". Tuhan berfirman: "Sesungguhnya Aku mengetahui apa yang tidak kamu ketahui*".

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 dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Kulit singkong dapat berpengaruh terhadap penurunan Seng (Zn) dalam air limbah artifisial. Variasi bed depth dan laju alir dapat menurunkan kadar seng (Zn) dengan efesiensi adsorpsi yaitu:
   a. Variasi *bed depth* 12 cm, 15 cm, dan 18 cm dengan laju alir 2 mL/menit dapat mereduksi kadar Seng (Zn) dengan nilai masing-masing sebesar 91,8 %, 92,6%, dan 92,5%.
   b. Variasi *bed depth* 12 cm, 15 cm, dan 18 cm untuk laju alir 4 mL/menit dapat mereduksi kadar Seng (Zn) dengan nilai masing-masing sebesar 87,6%, 89,7%, dan 87,8%.
   c. Variasi *bed depth* 12 cm, 15 cm, dan 18 cm pada laju alir 6 mL/menit dapat mereduksi kadar Seng (Zn) dengan nilai masing-masing sebesar 78,6 %, 76,2%, dan 76,4%.
2. Berdasarkan dari hasil variasi laju alir 2 mL/menit, 4 mL/menit, 6 mL/menit terdapat perbedaan yang signifikan terhadap penyerapan logam seng (Zn). Semakin kecil laju alir yang digunakan maka semakin banyak logam berat yang terserap. Laju alir yang kecil menyebabkan terjadinya kontak antara logam berat dengan bioadsorben semakin lama sehingga logam berat yang teradsorpsi semakin banyak.
3. Berdasarkan dari hasil variasi *bed depth* 12 cm, 15 cm, 18 cm tidak terdapat perbedaan yang signifikan terhadap penyerapan logam seng (Zn).

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

5.2 Saran

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka saran yang dapat diusulkan oleh penulis yaitu:

1. Melakukan aktivasi bioadsorben kulit singkong dengan bahan aktivator lain seperti NaOH, HCL atau KOH agar mendapatkan aktivator yang baik.
2. Melakukan percobaan penelitian dengan waktu yang lama agar dapat mencapai kurva breakthrough untuk mengetahui titik jenuh dari bioadsorben kulit singkong.
3. Melakukan perhitungan limbah artifisial yang tepat agar mendapatkan hasil yang sesuai dengan kebutuhan pada 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

DAFTAR PUSTAKA

Abdallah, M. M., Ahmad, M. N., Walker, G., Leahy, J. J., & Kwapinski, W. (2019). Batch and Continuous Systems for Zn, Cu, and Pb Metal Ions Adsorption on Spent Mushroom Compost Biochar. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, *58*(17), 7296–7307.

Adhani, R., & Husaini. (2017). Buku Logam Berat Sekitar Manusia*: Vol. xii+ 202 hlm*. Lambung Mangkurat University Press.

Aini, N., & Inayah, Z. (2019). Biostatistika Dan Aplikasi Program. Literasi.

Anwar, A. H. (2020). Pemanfaatan Limbah Tongkol Jagung Dan Jerami Padi Sebagai Adsorben Kadar Mangan (Mn) Dengan Sistem Kontinyu. 103.

Aritonang, B., & Hestina. (2018). Daya Adsorpsi Karbon Aktif Dari Cangkang Kemiri Terhadap Kadar Bilangan Peroksida Pada Minyak Goreng Bekas. 10.

Ariyani, S. B. (2019). Karakteristik Bioadsorben dari Limbah Kulit Durian untuk Penyerapan Logam Berat Fe dan Zn pada Air Sumur. *4*(1), 6.

Astuti, W. (2015). Adsorpsi Pb2+ Dalam Limbah Cair Artifisial Menggunakan Sistem Adsorpsi Kolom Dengan Bahan Isian Abu Layang Batubara Serbuk dan Granular. 7.

Atminingtyas, S., Oktiawan, W., & Wardana, I. W. (2016). Pengaruh Konsentrasi Aktivator Naoh Dan Tinggi Kolom Pada Arang Aktif Dari Kulit Pisang Terhadap Efektivitas Penurunan Logam Berat Tembaga (Cu) Dan Seng (Zn) Limbah Cair Industri Elektroplating. *5*(1), 11.

Badan Pusat Statistik. (2018). *Statistik Kopi Indonesia 2018.pdf*. Badan Pusat Statistik Indonesia.

Biswas, S., & Mishra, U. (2015). Continuous Fixed-Bed Column Study and Adsorption Modeling: Removal of Lead Ion from Aqueous Solution by Charcoal Originated from Chemical Carbonization of Rubber Wood Sawdust. *Journal of Chemistry*, *2015*, 1–9.

Candrawati, I., Martak, F., Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, & Ika Cahyo, Y. (2017). Absorption Activity of Cassava Peel (Manihot utilissima) as Chromium (VI) Metal Biosorbent in Electroplating Waste.

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

The Journal of Pure and Applied Chemistry Research, *6*(2), 101–110. https://doi.org/10.21776/ub.jpacr.2017.006.02.313

Erawati, E., & Fernando, A. (2018). Pengaruh Jenis Aktivator Dan Ukuran Karbon Aktif Terhadap Pembuatan Adsorbent Dari Serbik Gergaji Kayu Sengon (Paraserianthes Falcataria). *Jurnal Integrasi Proses*, *7*(2), 58. https://doi.org/10.36055/jip.v7i2.3808

Esterlita, M. O., & Herlina, N. (2015). Pengaruh Penambahan Aktivator Zncl2, Koh, Dan H3po4 Dalam Pembuatan Karbon Aktif Dari Pelepah Aren (Arenga Pinnata). *Jurnal Teknik Kimia USU*, *4*(1), 47–52. https://doi.org/10.32734/jtk.v4i1.1460

Fajrianti, H., Oktiawan, W., & Wardhana, I. W. (2016). Pengaruh Waktu Perendaman Dalam Aktivator NaOH Dan Debit Aliran Terhadap Penurunan Krom Total (Cr) Dan Seng (Zn) Pada Limbah Cair Industri Elektroplating Dengan Menggunakan Arang Aktif Dari Kulit Pisang. *5*(1), 9.

Fatoni, A. A. (2020). Fitoremediasi Logam Berat (Zn) Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes) Dengan Sistem Batch. 96.

Hasrianti. (2013). Adsorpsi Ion Cd^{2+} Pada Limbah Cair Menggunakan Kulit Singkong. *04*, 59–76.

Indah, D. R. (2018). Pemanfaatan Karbon Baggase Teraktivasi Untuk Menurunkan Kadar Logam Tembaga Pada Limbah Kerajinan Perak Di Lombok Tengah. 10.

Katherine, & Arie, A. A. (2016). Desain Kolom Adsorpsi Cair Fixed-Bed Untuk Penghilangan Limbah Zat Warna. Universitas Katolik Parahayangan.

Laos, L. E., & Selan, A. (2016). *Pemanfaatan Kulit Singkong Sebagai Bahan Baku Karbon Aktif*. 5.

Maghfirana, C. A. (2019). Kemampuan Adsorpsi Karbon Aktif Dari Limbah Kulit Singkong Terhadap Logam Timbal (Pb) Menggunakan Sistem Kontinyu. UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA.

Meilianti. (2018). Karakteristik Karbon Aktif Dari Cangkang Buah Karet Menggunakan Aktivator H_3PO_4. *Jurnal Distilasi*, *2*(2), 1. https://doi.org/10.32502/jd.v2i2.1146

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

Nadia, L. (2016). Analisis Kadar Air Bahan Pangan.

Nevyana, F. (2019). Reduksi Kadar Mangan (Mn) Pada Air Tanah Disekitar Wilayah Porong Menggunakan (Manganase Greensand) Dalam Kolom Kontinyu.

Ngabura, M., Hussain, S. A., Ghani, W. A. W. A., Jami, M. S., & Tan, Y. P. (2018). Utilization of renewable durian peels for biosorption of zinc from wastewater. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, *6*(2), 2528–2539. https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.03.052

Pandia, S., & Warman, B. (2017). Pemanfaatan Kulit Jengkol Sebagai Adsorben Dalam Penyerapan Logam Cd (Ii) Pada Limbah Cair Industri Pelapisan Logam. *Jurnal Teknik Kimia USU*, *5*(4), 57–63. https://doi.org/10.32734/jtk.v5i4.1556

Parmar, M., & Thakur, L. S. (2013). Heavy metal Cu, Ni and Zn: Toxicity, health hazards and their removal techniques by low cost adsorbents: A short overview. *Ujjain Engineering College*, *3*(3), 143–157.

Patel, H. (2019). Fixed-bed column adsorption study: a comprehensive review. *Applied Water Science*, *9*(3). https://doi.org/10.1007/s13201-019-0927-7

Radnia, H., Ghoreyshi, A. A., Younesi, H., Masomi, M., & Pirzadeh, K. (2013). Adsorption of Fe(II) from Aqueous Phase by Chitosan: Application of Physical Models and Artificial Neural Network for Prediction of Breakthrough. *International Journal of Engineering*, *26*(8 (B)). https://doi.org/10.5829/idosi.ije.2013.26.08b.06

Rajagukguk, P. T. R. (2018). Pemanfaatan Kulit Durian Sebagai Adsorben Untuk Penyisihan Detergen Dan Fosfat Dalam Pengolahan Limbah Cair Laundry. 72.

Ranita, L. I., MZ, S., & Safitri, D. (2017). Pembuatan Biosorben Dari Biji Pepaya (Carica Papaya L) Untuk Penyerapan Zat Warna. *Jurnal Teknik Kimia USU*, *6*(2), 7–13.

Rashed, M. N. (2013). Organic Pollutants: Monitoring, Risk And Treatment. Intech.

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

Rohani, D. A., Juswono, U. P., & Nuriyah, L. (2015). Pengukuran Efektivitas Kulit Singkong, Kulit Ubi Jalar, Kulit Pisang, Dan Kulit Jeruk Sebagai Bahan Penyerap Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Pada Air Lindi TPA.

Rosita, E., Zaini, H., & Fauzan, R. (2019). Penyisihan Ion Logam Fe Pada Air Gambut Menggunakan Adsorben Arang Aktif Kulit Singkong. *Journal of Science and Technology*, *17*, 7.

Said, N. I. (2010). Metoda Penghilangan Logam Berat (As, Cd, Cr, Ag, Cu, Pb, Ni Dan Zn) Di Dalam Air Limbah Industri. *6*(2), 13.

Saputro, W., Sulastri, & Hardoyo. (2018). Pengaruh Jenis Aktivasi Bioadsorben Kulit Singkong Terhadap Penurunan Kadar Besi (Fe) Dalam Air Sumur Gali. *2*, 10.

Sarasati, Y., Thohari, I., & Sunarko, B. (2018). Perbedaan Ketebalan Filter Arang Aktif Ampas Kopi Dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) Pada Air Bersih. *9*, 7.

Seepe, L. (2015). The Use Of Cassava Waste In The Removal Of Cobalt, Chromium And Vanadium Metal Ions From Synthetic Effluents. 164.

Shafirinia, R., Wardana, I. W., & Oktiawan, W. (2016). Pengaruh Variasi Ukuran Adsorben Dan Debit Aliran Terhadap Penurunan Khrom (Cr) Dan Tembaga (Cu) Dengan Arang Aktif Dari Limbah Kulit Pisang Pada Limbah Cair Industri Pelapisan Logam (Elektroplating) Krom. *5*(1), 9.

Suhaeri, A., & Side, S. (2014). Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Kulit Singkong Terhadap Ion Cr^{6+}. 10.

Suprapti, A., Bakri, B., & Rahmanita, N. (2013). Pemanfaatan Kulit Singkong Untuk Mengadsorpsi Ion Logam Timbal *(Pb)*. 9.

Susanti, M. M., & Priamsari, M. R. (2016). The Effect Of Soaking Solutioncassava Skin (Manihot Esculentacortex) With The Decreasing Level Of Heavy Metal Lead (Pb) On Mussels Blood (Anadara Granosa). *12*(2), 7.

Syarifah, F. D., Hadiwidodo, M., & Sudarno. (2015). Pengaruh Konsentrasi Aktivator H2so4 Dan Ukuran Media Arang Sekam Padi Sebagai Adsorben Terhadap Efektivitas Penurunan Logam Berat Fe, Zn, Dan Warna Limbah Cair Industri Galvanis. 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

Sylvia, N., Meriatna, Hakim, L., Fitriani, & Fahmi, A. (2017). Kinerja Kolom Adsorpsi Pada Penjerapan Timbal (Pb^{2+}) Dalam Limbah Artifisial Menggunakan Cangkang Kernel Sawit. *Jurnal Integrasi Proses*, *6*(4), 185. https://doi.org/10.36055/jip.v6i4.2549

Tedi, H., & Wiratama, I. G. P. (2016). Perancangan Kolom Adsorpsi Karbon Aktif untuk Pengolahan Limbah Kromium Heksavalen. Universitas Katolik Parahayangan.

Tepare, E., Bahri, S., & Musafira, M. (2019). Aplikasi Biosorben Kulit Ubi Kayu (Manihot Utillissima Pohl) Dalam Penyerapan Ion Fe(Iii) Pada Air Payau. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, *4*(3), 271–275.

Utama, T. T. (2015). Biosorpsi Krom Heksavalen Menggunakan Mikroalga Amobil Dalam Sistem Kontinyu. 139.

Vania, V. (2016). Studi Penyisihan Logam Seng (Zn2+) Pada Limbah Elektroplating Menggunakan Membran Kitosan Dan Zeolit. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Widayatno, T., Yuliawati, T., & Susilo, A. A. (2017). Adsorpsi Logam Berat (Pb) Dari Limbah Cair Dengan Adsorben Arang Bambu Aktif. *1*(1), 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