

Penyisihan Kadar Seng (Zn) dengan Bioadsorben Kulit Singkong menggunakan Sistem Kontinyu

Risma Awwalin Nisya¹⁾, Yusrianti¹⁾, Arqowi Pribadi¹⁾, Shinfi Wazna Auvaria¹⁾, Linda
Prasetyaning Widayanti¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel, Surabaya,
Indonesia

E-mail: risma.awwalin.nisya@gmail.com

Abstrak

Kulit singkong merupakan limbah yang dihasilkan dari pengolahan singkong sebagai bahan baku berbagai produk industri. Kulit singkong dapat digunakan sebagai bahan dalam pembuatan bioadsorben, hal ini dikarenakan kulit singkong mengandung selulosa. Seng merupakan logam berat yang dapat menyebabkan keracunan dan kerusakan lingkungan jika melebihi baku mutu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi adsorpsi optimum bioadsorben kulit singkong dan untuk mengetahui perbedaan adsorpsi logam berat pada variasi laju alir dan bed depth (kedalaman lapisan). Variasi laju alir yang digunakan adalah 2 mL/menit, 4 mL/menit, dan 6 mL/menit, sedangkan variasi bed depth yaitu 12 cm, 15 cm, dan 18 cm. Metode analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif dan statistik, uji Kruskal-Wallis. Efisiensi adsorpsi logam berat optimum yaitu pada laju alir 2 mL/menit dengan bed depth 15 cm sebesar 92,6% dengan konsentrasi awal 5,726 mg/Liter dan konsentrasi akhir 0,424 mg/Liter. Data yang diperoleh dari uji statistik menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada variasi laju alir, dan untuk variasi kedalaman lapisan tidak terdapat perbedaan yang signifikan.

Kata kunci: Bioadsorben, Efisiensi Adsorpsi, Kulit Singkong, Seng (Zn)

Abstract

Cassava peel is the waste produced from processing made from cassava as a raw material in various industrial products. Cassava peels can be used as an ingredient in the manufacture of bio adsorbent, this is because cassava peels contain cellulose. Zinc is a heavy metal that can cause poisoning and damage to the environment if it exceeds the quality standards. The purpose of this study was to determine the optimum adsorption efficiency of cassava peel bio adsorbent and to determine differences in adsorption of heavy metals at variations in flow rate and bed depth. The variations in the flow rate used were 2 mL/min, 4 mL/min, and 6 mL/min, while the bed depth were 12 cm, 15 cm, and 18 cm. The data analysis method used is descriptive and statistical analysis, the Kruskal-Wallis test. The results obtained are that the optimum adsorption efficiency of heavy metals is at a flow rate of 2 mL/minute with a bed depth of 15 cm, the adsorption percentage is 92.6% with an initial level of 5.726 mg/Liter down to 0.424 mg/Liter. The data obtained from the statistical test showed that there was a significant difference in the flow rate variation, and for the bed depth variation, there was no significant difference.

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

1. PENDAHULUAN

Singkong (ubi kayu) merupakan jenis tanaman yang dapat menjadi pengganti beras, digunakan dalam peternakan sebagai bahan dasar dari pakan ternak dan digunakan untuk berbagai bahan dasar dari produk industri. Berdasarkan data pada BPS terjadi penurunan

Dikirim/submitted: 8 September 2021

Diterima/accepted: 28 Januari 2022

produksi jumlah singkong pada tahun 2014-2017. Jumlah produksi singkong menurun sebesar 7% pada tahun 2015 dan 2016, kemudian untuk tahun 2017 kembali naik menjadi 6% sedangkan untuk tahun 2018 produksi naik menjadi 2% (Badan Pusat Statistik, 2018). Kulit singkong dihasilkan dari limbah pabrik industri yang memakai singkong sebagai bahan baku pada produk dihasilkan. Kulit singkong dapat dijadikan sebagai bahan dalam pembuatan bioadsorben yang digunakan untuk proses adsorpsi.

Bahan yang digunakan dalam pembuatan bioadsorben merupakan bahan alami atau limbah yang memiliki kandungan selulosa, seperti limbah sagu, rumput laut, singkong, dan empulur pisang (Seepe, 2015). Dalam penelitian Lestari & Yusuf, 2014 menyatakan bahwa kulit singkong memiliki kandungan selulosa yang dapat mereduksi logam berat. Kandungan selulosa pada kulit singkong adalah senyawa yang mengalami pemecahan gugus yaitu senyawa non reduksi sehingga menjadi gugus karboksil (-COO-) dan hidroksil (-OH). Kandungan yang terdapat pada kulit singkong yaitu 13,8% selulosa, 11% hemiselulosa, dan 7,2% lignin (Susanti & Priamsari, 2016). Bioadsorben dan arang aktif dari kulit singkong pada bidang lingkungan dapat mereduksi logam berat seperti besi (Fe), seng (Zn), tembaga (Cu), timbal (Pb), dan lain-lain (Lempang, (2014) dalam Sarasati dkk., 2018). Salah satu logam berat yang dapat menyebabkan kerusakan pada lingkungan maupun pada keracunan pada manusia adalah seng (Zn). Baku mutu yang diperbolehkan pada seng (Zn) untuk air minum yaitu sebesar 3 mg/Liter dengan berdasarkan Permenkes RI Nomor 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.

Metode yang dilakukan untuk mengurangi kadar dari logam berat yaitu adsorpsi, filtrasi, dan *ion exchange* dengan menggunakan resin. Adsorpsi adalah salah satu metode yang cukup banyak digunakan karena ekonomis dan memiliki konsep sederhana. Adsorpsi adalah suatu proses dimana terjadinya penyerapan atau reduksi logam berat oleh adsorben, adapun bahan yang digunakan pada adsorben yaitu bioadsorben, *zeolite*, *activated carbon* (karbon aktif), pelet, dangel silika (Pandia & Warman, 2017).

Pada penelitian sebelumnya beberapa peneliti seperti (Candrawati dkk., 2017), dan (Tepare dkk., 2019) bioadsorben yang digunakan berbahan dasar dari kulit singkong dengan sistem pada adsorpsi yang digunakan sistem batch. Pada penelitian (Saputro dkk., 2018) dan (Rosita dkk., 2019) penyerapan atau adsorpsi untuk logam berat menggunakan sistem kontinyu.

Proses pada saat bioadsorben di kontakkan secara terus – menerus dengan larutan sampel logam berat, maka logam berat yang terdapat pada sampel dapat diadsorpsi dengan optimal. Oleh karena itu, sistem kontinyu pada skala besar lebih sering digunakan karena jika dibandingkan menggunakan sistem batch, sistem kontinyu lebih menguntungkan dan lebih efisien. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kemampuan efisiensi optimum bioadsorben kulit singkong terhadap logam berat seng (Zn) dengan menggunakan sistem kontinyu dan mengetahui perbedaan kemampuan adsorpsi pada variasi laju alir dan *bed depth* bioadsorben.

2. METODE PENELITIAN

Pengujian pada penelitian ini yaitu dengan uji eksperimental yang dilakukan di laboratorium pribadi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui persentase optimum dari penyerapan (adsorpsi) bioadsorben kulit singkong terhadap seng (Zn) dengan sistem kontinyu dan mengetahui perbedaan penyerapan (adsorpsi) dengan variasi laju alir (2 mL/menit, 4 mL/menit, 6 mL/menit) dan *bed depth* (12 cm, 15 cm, 18 cm). Sampel yang digunakan yaitu menggunakan limbah artifisial seng (Zn) yang dialirkan kedalam kolom adsorpsi dan hasil outlet diambil tiap satu jam dalam 8 jam.

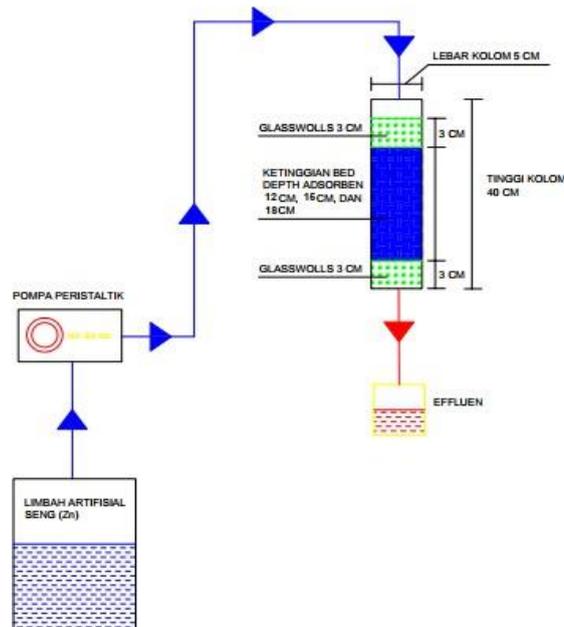
2.1 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan yaitu kolom adsorpsi untuk tempat bioadsorben, selang air untuk mengalirkan limbah artifisial, pompa peristaltik untuk mengatur laju alir, gelas ukur, timbangan, ayakan (*crusher*) 100 mesh, oven, spatula untuk mengaduk limbah artifisial, glasswool untuk menahan bioadsorben dalam kolom adsorpsi, dan untuk menampung limbah artifisial menggunakan galon air. Bahan yang dibutuhkan yaitu kulit singkong sebagai bioadsorben, $ZnSO_4$ untuk limbah artifisial, aktivator yang digunakan yaitu H_3PO_4 2%, dan pelarutnya yaitu aquades.

2.2 Persiapan Penelitian

Persiapan yang perlu dilakukan yaitu dengan membutuhkan kulit singkong sebagai bahan utama bioadsorben. Dalam pembuatan bioadsorben kulit singkong yang didapatkan terlebih dahulu dicuci dengan air bersih, kemudian dipotong dan dijemur sampai kering di bawah sinar matahari dengan waktu 2 hari. Setelah dikeringkan selama dua hari selanjutnya di oven dengan waktu 3 jam pada suhu $105^\circ C$. Setelah kering, kulit singkong dihancurkan untuk diayak 100 mesh, dimasukkan ke dalam beaker glass yang berisikan larutan H_3PO_4 2% untuk direndam dalam waktu 24 jam. Rendaman kulit singkong kemudian dicuci dengan aquades

untuk menetralkan pH, dan kembali di oven suhu 105° C dengan lama waktu yaitu 3 jam. Reaktor pada penelitian ini dirangkai dengan dengan kolom adsorpsi yang dialirkan limbah artifisial melalui selang air yang sudah disambung. Reaktor yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain Kolom yang digunakan pada Adsorpsi Zn

(Sumber: Maghfirana, 2019)

2.3 Metode Analisis

Penelitian ini menggunakan metode analisis deskriptif kurva breakthrough yang bertujuan agar dapat mengetahui persentase adsorpsi kadar seng oleh bioadsorben yang dimana hasil kadar seng diukur menggunakan Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopy (ICP- OES) , dan analisis statistik. Untuk mengetahui persentase efisiensi digunakan rumus (1) sebagai berikut:

$$Ef = \frac{C_o - C_t}{C_o} \times 100 \% \quad (1)$$

Keterangan:

Ef : Persentase Efisiensi Adsorpsi (%)

C_o : Konsentrasi Awal Sampel Limbah Artifisial (mg/Liter)

C_t : Konsentrasi Akhir Sampel Limbah Artifisial (mg/Liter)(Maghfirana, 2019).

Analisis statistik penelitian yaitu Kruskal-Wallis, merupakan uji analisis statistik nonparametrik yang bertujuan untuk mengetahui atau mempelajari apakah terdapat perbedaan pada dua kelompok dan melebihi 2 faktor (Aini & Inayah, 2019). Berikut hipotesis yang akan digunakan yaitu:

H_0 : Tidak adanya perbedaan yang signifikan pada variasi laju alir, dan variasi *bed depth* terhadap penurunan kadar seng (Zn)

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

Menurut hipotesis, maka dapat diambil keputusan berdasarkan probabilitasnya pada setiap variabel yang dapat didasarkan pada hal berikut:

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

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

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

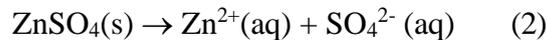
3.1. Pembuatan Bioadsorben Kulit Singkong

Pembuatan bioadsorben dari kulit singkong menggunakan bagian dalam dari kulit singkong. Kulit singkong yang berwarna putih kekuningan yang merupakan bagian dalam kulit singkong dipotong menjadi kecil. Kulit singkong yang sudah dipotong kemudian dicuci hingga bersih, kemudian dijemur selama 2 hari dibawah sinar matahari. Selanjutnya, setelah kulit singkong kering ditimbang sebanyak 5,02 gr lalu dicuci dengan aqua DM. Kulit singkong yang dicuci dimasukkan kedalam oven dengan suhu yang diatur pada 105 °C dengan waktu 3 jam, kemudian didinginkan dan ditimbang dengan hasil berat sebesar 1,60 gr dan menghitung kadar air yang dihasilkan yaitu sebesar 68%. Proses selanjutnya yaitu melakukan aktivasi, aktivasi merupakan suatu proses dalam pembuatan bioadsorben agar dapat memperluas luas permukaan dari bioadsorben atau adsorben (Paul Timmie Reminiscere Rajagukguk, 2018). Tahap aktivasi yaitu merendamkan kulit singkong dalam H₃PO₄ 2% yang sudah dilarutkan selama 24 jam, kemudian dinetralkan dengan dengan aquades dengan cara dicuci dan dimasukkan kedalam oven dengan suhu yang diatur pada 105 °C dengan waktu 3 jam.

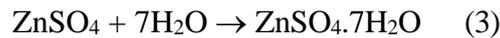
Preparasi reaktor dapat dilakukan dengan cara merakit beberapa alat yang sudah disiapkan yaitu kran 3 cabang, galon air bekas, selang air, *peristaltic pump*, glasswols, penyangga dari kayu, dan bioadsorben dari kulit singkong. Pembuatan limbah artifisial yang dibutuhkan yaitu sebanyak 10 mg/L dilakukan dengan melarutkan serbuk ZnSO₄ sebanyak ± 2,44 gram untuk

membuat larutan induk ke dalam 1000 mL. Jumlah limbah artifisial yang dibutuhkan yaitu 2000 mL (2 Liter) dengan kadar 10 mg/L dan untuk pembuatannya yaitu dengan mengambil 20 mL larutan induk dimasukkan kedalam 2000 mL aquades. Akan tetapi hasil dari pengujian laboratorium menunjukkan hasil 5,726 mg/Liter, hal ini disebabkan karena ketidak akuratan pada saat penimbangan logam seng (Zn) dan proses pengenceran pada pembuatan limbah artifisial.

ZnSO₄ atau seng sulfat akan terionisasi jika berada didalam larutan menjadi Zn²⁺ dan SO₄²⁻, dengan persamaan reaksi (2) sebagai berikut:



Pada proses selanjutnya ZnSO₄ ditambahkan dengan 7H₂O maka akan membentuk ZnSO₄.7H₂O, dengan reaksi kimia (3) yang terjadi sebagai berikut:



3.2 Pengujian Variasi *Bed depth* dengan laju alir 2 mL/menit

Hasil pengujian pada variasi *bed depth* 12 centimeter, 15 centimeter, dan 18 centimeter dengan parameter laju alir 2 mL/min. Dilakukan pemantauan dengan cara limbah seng artifisial dialirkan pada laju alir 2 mL/min kedalam kolom adsorpsi selama 8 jam, kadar awal pada limbah artifisial sebesar 5,726 mg/Liter. Tabel 1 ini terdapat data hasil uji untuk variasi *bed depth* laju alir 2 mL/min.

Tabel 1. Hasil Kadar Seng (Zn) pada Laju Alir 2 mL/min

Kadar awal C ₀ (mg/Liter)	Waktu (Jam)	Laju Alir (mL/min)	<i>Bed depth</i> C _t (mg/Liter)		
			18 cm	15 cm	12 cm
5,726	1	2	0,855	0,681	0,551
5,726	2	2	0,544	0,568	0,541
5,726	3	2	0,435	0,470	0,531
5,726	4	2	0,393	0,396	0,470
5,726	5	2	0,335	0,347	0,455
5,726	6	2	0,311	0,341	0,449
5,726	7	2	0,306	0,282	0,409
5,726	8	2	0,242	0,283	0,3445

Keterangan: C₀ : Kadar (konsentrasi) Awal Seng (Zn)
C_t : Kadar(konsentrasi) Akhir Seng (Zn)

Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa kadar outlet limbah artifisial seng (Zn) setelah melewati kolom bioadsorben, memiliki hasil akhir 0,855 – 0,242mg/Liter. Kadar outlet

tersebut menunjukkan perbedaan kadar yang dihasilkan pada tiap kolom. Pada *bed depth* 12 cm memiliki kadar terendah pada jam kedelapan yaitu 0,345mg/Liter. Kadar terendah ada pada jam kedelapan dengan kadarbed 0,283mg/Liter terdapat pada *bed depth* 15 cm, dan pada *bed depth* 18 cm memiliki kadar terendah pada jam kedelapan yaitu 0,242 mg/Liter. Data hasil efisiensi penyerapan seng (Zn) pada variasi *bed depth* laju alir 2 mL/min dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2 dapat disimpulkan hasil efisiensi seng (Zn) yang teradsorpsi pada *bed depth* 12 cm mempunyai rata-rata penyerapan 91,8%, dengan persentase penyerapan 90,4% - 94%. Pada *bed depth* 15 cm mempunyai rata-rata penyerapan 92,6%, dengan persentase penyerapan 88,1% - 95,1%. Pada *bed depth* 18 cm mempunyai rata-rata penyerapan 92,5%, dengan persentase penyerapan 85,1% - 95,8%.

Tabel 2. Efisiensi Adsorpsi Bioadsorben terhadap Seng (Zn) Laju Alir 2 mL/min

Kadar awal C_0 (mg/Liter)	Waktu (jam)	Laju Alir (mL/min)	<i>Bed depth</i> C_t (%)		
			18 cm	15 cm	12 cm
5,726	1	2	85,1	88,1	90,4
5,726	2	2	90,5	90,1	90,6
5,726	3	2	92,4	91,8	90,7
5,726	4	2	93,1	93,1	91,8
5,726	5	2	94,1	93,9	92,1
5,726	6	2	94,6	94,0	92,2
5,726	7	2	94,7	95,1	92,9
5,726	8	2	95,8	95,1	94,0
Rata – rata			92,5	92,6	91,8

3.3 Pengujian Variasi *Bed depth* dengan laju alir 4 mL/menit

Hasil pengujian pada variasi *bed depth* 12 centimeter, 15 centimeter, dan 18 centimeter dengan parameter laju alir 4 mL/min. Dilakukan pengamatan dengan cara limbah artifisial dialirkan dengan laju alir 4mL/min kedalam kolom adsorpsi selama 8 jam, dengan kadar awal pada limbah seng artifisial sebesar 5,726 mg/Liter. Data hasil uji untuk variasi *bed depth* laju alir 4 mL/min dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Kadar Seng (Zn) pada Laju Alir 4 mL/min

Kadar awal C_0 (mg/Liter)	Waktu (Jam)	Laju Alir (mL/min)	<i>Bed depth</i> C_t (mg/Liter)		
			18	15	12
5,726	1	4	1,573	1,076	1,734
5,726	2	4	1,162	0,865	1,423
5,726	3	4	0,795	0,653	0,756
5,726	4	4	0,582	0,545	0,435
5,726	5	4	0,484	0,487	0,399
5,726	6	4	0,406	0,422	0,354
5,726	7	4	0,317	0,357	0,316
5,726	8	4	0,253	0,293	0,273

Pada Tabel 3 menunjukkan bahwa kadar outlet limbah artifisial seng (Zn) setelah melewati kolom bioadsorben, memiliki hasil akhir 0,253 – 1.734mg/Liter. Kadar outlet tersebut menunjukkan perbedaan kadar yang dihasilkan pada tiap kolom. Pada *bed depth* 12 cm memiliki kadar terendah pada jam kedelapan yaitu 0,273mg/Liter. Kadar terendah ada pada jam kedelapan dengan kadar *bed* 0,293mg/Liter terdapat pada *bed depth* 15 cm, dan pada *bed depth* 18 cm memiliki kadar terendah pada jam kedelapan yaitu 0,253 mg/Liter. Data hasil efisiensi penyerapan seng (Zn) pada variasi *bed depth* di laju alir 4mL/min dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 1. Efisiensi Adsorpsi Bioadsorben terhadap Seng (Zn) pada Laju Alir 4 mL/min

Kadar awal C_0 (mg/Liter)	Waktu (Jam)	Laju Alir (mL/min)	<i>Bed depth</i> C_t (%)		
			18	15	12
5,726	1	4	72,5	81,2	69,7
5,726	2	4	79,7	84,9	75,1
5,726	3	4	86,1	88,6	86,8
5,726	4	4	89,8	90,5	92,4
5,726	5	4	91,5	91,5	93,0
5,726	6	4	92,9	92,6	93,8
5,726	7	4	94,5	93,8	94,5
5,726	8	4	95,6	94,9	95,2
Rata – rata			87,8	89,7	87,7

Berdasarkan Tabel 4 dapat disimpulkan hasil efisiensi seng (Zn) yang teradsorpsi pada *bed depth* 12 cm mempunyai rata-rata penyerapan 87,7%, dengan persentase penyerapan 69,7 % - 95,2%. Pada *bed depth* 15 mempunyai rata-rata penyerapan 89,7%, dengan persentase penyerapan 81,2% - 94,9%. Pada *bed depth* 18 cm mempunyai rata-rata penyerapan 87,8%, dengan persentase penyerapan 72,5% - 95,6%.

3.4 Pengujian Variasi *Bed depth* laju alir 6 mL/menit

Hasil pengujian pada variasi *bed depth* 12 centimeter, 15 centimeter, dan 18 centimeter dengan parameter laju alir 6 mL/min. Dilakukan pengamatan dengan cara limbah seng artifisial dialirkan dengan laju alir 6 mL/min kedalam kolom adsorpsi selama 8 jam, dengan kadar awal pada limbah seng artifisial sebesar 5,726 mg/Liter. Data hasil uji untuk variasi *bed depth* laju alir 6 mL/min dapat dilihat pada Tabel 5 .

Pada Tabel 5 menunjukkan bahwa kadar outlet limbah artifisial seng (Zn) setelah melewati kolom bioadsorben, memiliki hasil akhir 0,446 mg/Liter – 2,576 mg/Liter. Kadar outlet tersebut menunjukkan perbedaan kadar yang dihasilkan pada tiap kolom. Pada *bed depth* 12 cm memiliki kadar terendah pada jam kedelapan yaitu 0,446 mg/Liter. Kadar terendah ada pada jam kedelapan dengan kadar bed 0,551 mg/Liter terdapat pada *bed depth* 15 cm, dan pada *bed depth* 18 cm memiliki kadar terendah pada jam kedelapan yaitu 0,464 mg/Liter. Data hasil efisiensi penyerapan seng (Zn) pada variasi *bed depth* di laju alir 6 mL/min dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 2. Hasil Kadar Seng (Zn) pada Laju Alir 6 mL/min

Kadar awal C_0 (mg/Liter)	Waktu (jam)	Laju Alir (mL/min)	<i>Bed depth</i> C_t (mg/Liter)		
			18	15	12
5,726	1	6	2,576	2,430	2,390
5,726	2	6	2,044	2,040	2,230
5,726	3	6	1,849	1,607	1,800
5,726	4	6	1,333	1,430	1,090
5,726	5	6	1,268	1,291	0,723
5,726	6	6	0,668	0,933	0,648
5,726	7	6	0,599	0,598	0,498
5,726	8	6	0,464	0,551	0,446

Tabel 3. Efisiensi Adsorpsi Bioadsorben terhadap Seng (Zn) Laju Alir 6 mL/min

Kadar Awal C_0 (mg/Liter)	Waktu (jam)	Laju Alir (mL/min)	<i>Bed depth</i> C_t		
			18	15	12
5,726	1	6	55,0	57,6	58,3
5,726	2	6	64,3	64,4	61,1
5,726	3	6	67,7	71,9	68,6
5,726	4	6	76,7	75,0	81,0
5,726	5	6	77,9	77,5	87,4
5,726	6	6	88,3	83,7	88,7
5,726	7	6	89,5	89,6	91,3
5,726	8	6	91,9	90,4	92,2
Rata – rata			76,4	76,2	78,6

Berdasarkan Tabel 6 dapat disimpulkan hasil efisiensi seng (Zn) yang terdSORpsi pada bed depth 12 cm mempunyai rata-rata penyerapan 78,6%, dengan persentase penyerapan 58,3% - 92,2%. Pada bed depth 15 mempunyai rata-rata penyerapan 76,2%, dengan persentase penyerapan 57,6% - 90,4%. Pada bed depth 18 mempunyai rata-rata penyerapan 76,4%, dengan persentase penyerapan 55% - 91,9%.

Data hasil yang sudah didapatkan selanjutnya diuji dengan menggunakan metode analisa statistik kruskal wallis. Analisa statistik kruskal wallis adalah salah satu uji statistika nonparametrik dengan tujuan dapat mempelajari atau mengetahui perbedaan rata-rata lebih dari 2 kelompok dan 2 faktor lebih. Uji statistik nilai rank terhadap variasi *bed depth* dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 4. Nilai Rank Variasi *Bed depth*

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

Berdasarkan Tabel 7, diketahui hasil pengujian pada uji kruskal wallis memiliki nilai rank 36,40 pada *bed depth* 12 cm, nilai rank 36,96 pada *bed depth* 15 cm, dan nilai rank 36,15 pada *bed depth* 18 cm. Hasil uji kruskal wallis dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 5. Hasil Uji Statistik Kruskal Wallis Variasi *Bed depth*

Test Statistics ^{a,b}	
	Nilai Efisiensi
Chi-Square	.019
Df	2
Asymp. Sig.	.991

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: *Bed depth*

Berdasarkan pada Tabel 8 diatas maka dapat diketahui bahwa hasil dari uji kruskall wallis menunjukkan bahwa, jika nilai dari asymp. Sig. $>0,05$ (probabilitas/ α) maka tidak ada perbedaan pada hasil variasi laju alir yang digunakan. Sedangkan jika nilai asymp. Sig. $< 0,05$ (probabilitas/ α) maka adanya perbedaan hasil pada variasi laju alir. Dari data di atas didapatkan bahwa nilai asymp. Sig. $0,991 > 0,05$ (probabilitas/ α), dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat pengaruh pada variasi *bed depth* 12 centimeter, 15 centimeter, dan 18 centimeter yang digunakan pada proses adsorpsi seng (Zn). Hasil uji statistik nilai ranks terhadap variasi laju alir dapat dilihat pada Tabel 9.

Pada Tabel 9 diketahui data hasil pengujian menunjukkan nilai rank pada variasi laju alir 6 mL/min yaitu 54,23 lebih besar dibandingkan dengan laju alir 6 mL/menit dengan ranks 22,88, 4 mL/min dengan ranks 32,40. Untuk hasil uji statistik dengan kruskal wallis dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 6. Nilai Ranks Variasi Laju Alir

Ranks			
	Laju Alir	N	Mean Rank
NilaiEfisiensi	2	24	22.88
	4	24	32.40
	6	24	54.23
	Total	72	

Tabel 10. Hasil Uji Kruskal Wallis Variasi Laju Alir

Test Statistics ^{a,b}	
	Nilai Efisiensi
Chi-Square	28.320
Df	2
Asymp. Sig.	.000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Laju Alir

Berdasarkan pada Tabel 10 diatas maka dapat diketahui bahwa hasil dari uji kruskall wallis menunjukkan bahwa, jika nilai dari asymp. Sig. $>0,05$ (probabilitas/ α) maka tidak terdapat perbedaan pada hasil variasi laju alir yang digunakan. Sedangkan jika nilai asymp. Sig. $<$

0,05 (probabilitas/ α) maka adanya perbedaan hasil pada variasi laju alir. Dari data di atas didapatkan bahwa nilai asymp. Sig. $0,000 < 0,05$ (probabilitas/ α), dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan pada variasi laju alir yang digunakan yaitu 2 mL/menit, 4 mL/menit, dan 6 mL/menit. Hal ini sesuai dengan pernyataan dari Sylvia dkk., (2017) yang menyatakan, bahwa laju alir yang lebih rendah akan memiliki kontak waktu lebih lama dengan bioadsorben yang dapat membuat bioadsorben lebih banyak menyerap logam berat dalam limbah.

4. KESIMPULAN

Menurut penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penyerapan atau efisiensi adsorpsi yang paling optimum terdapat pada variasi *bed depth* 15 cm dengan laju alir 2 mL/min dengan persentase sebesar 92,6%. Pada pengujian yang dilakukan didapatkan bahwa terdapat perbedaan pada hasil laju air yang signifikan terhadap penyerapan logam seng (Zn), dan tidak adanya perbedaan pada hasil *bed* yang signifikan terhadap penyerapan logam seng (Zn).

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, N., & Inayah, Z. (2019). Biostatistika Dan Aplikasi Program. Literasi Nusantara.
- Badan Pusat Statistik. (2018). Produksi Ubi Kayu. Badan Pusat Statistik Indonesia.
- Candrawati, I., Martak, F., & Ika Cahyo, Y. (2017). Absorption Activity of Cassava Peel (*Manihot utilissima*) as Chromium (VI) Metal Biosorbent in Electroplating Waste. *The Journal of Pure and Applied Chemistry Research*, 6(2), 101–110.
- Lestari, I. A., & Yusuf, B. (2014). Adsorpsi Logam Kadmium (Cd) Oleh Arang Aktif Dari. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 12, 7.
- 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.
- 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.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang *Persyaratan Kualitas Air Minum*.

- Rajagukguk, Paul Timmie Reminiscere. (2018). Pemanfaatan Kulit Durian Sebagai Adsorben Untuk Penyisihan Detergen Dan Fosfat Dalam Pengolahan Limbah Cair Laundry. Universitas Sumatera Utara.
- 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.
- Saputro, W., Sulastri, & Hardoyo. (2018). Pengaruh Jenis Aktivasi Bioadsorben Kulit Singkong Terhadap Penurunan Kadar Besi (Fe) Dalam Air Sumur Gali. *Jurnal Rekayasa, Teknologi, dan Sains*, 2, 10.
- Sarasati, Y., Thohari, I., & Sunarko, B. (2018). Perbedaan Ketebalan Filter Arang Aktif Ampas Kopi Dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) Pada Air Bersih. *Jurnal Penelitian Kesehatan Suara Forikes*, 9, 7.
- Seepe, L. (2015). The Use Of Cassava Waste In The Removal Of Cobalt, Chromium And Vanadium Metal Ions From Synthetic Effluents. University of the Witwatersrand, Johannesburg.
- 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). *Media Farmasi Indonesia*, 12(2), 7.
- Sylvia, N., Meriatna, Hakim, L., Fitriani, & Fahmi, A. (2017). Kinerja Kolom Adsorpsi Pada Penjerapan Timbal (Pb²⁺) Dalam Limbah Artifisial Menggunakan Cangkang Kernel Sawit. *Jurnal Integrasi Proses*, 6(4), 185.
- Tepare, E., Bahri, S., & Musafira, M. (2019). Aplikasi Biosorben Kulit Ubi Kayu (Manihot Utilissima Pohl) Dalam Penyerapan Ion Fe(III) Pada Air Payau. *Kovalen: Jurnal Riset Kimia*, 4(3), 271–275.