

Open access article

PERBANDINGAN EFEKTIVITAS BIOADSORBEN SERBUK KULIT SINGKONG DAN SERBUK KULIT PINANG TERHADAP LOGAM PB(II) LIMBAH CAIR LABORATORIUM FARMASI

Comparison of bioadsorbent effectiveness of cassava shell powder and betel nut powder against Pb (II) metal of pharmaceutical laboratory liquid waste

Penulis / Author (s)

Risky Asrina Morijan¹  ¹ STIKES Dirgahayu, Samarinda, Indonesia

Nurillahi Febria Leswana¹ 

Maria Elvina Tresia Butarbutar¹ 

Penulis Koresponden : Risky Asrina Morijan 

e-mail korespondensi: nfleswana@gmail.com

Accepted: 5 December 2023

DOI: <https://doi.org/10.32382/mf.v20i1.146>

ARTICLE INFO
ABSTRACT / ABSTRAK
Keywords:

Cassava Skin powder

ko nut skin powder

timbangan (Pb)

UV spectrophotometry-Visible

Kata Kunci:

Serbuk Kulit Singkong

Serbuk Kulit Pinang

Timbal (Pb)

Spektrofotometri UV-Visible

Pharmaceutical laboratory liquid waste is a source of heavy metal pollutants that can be harmful to living things if not treated properly. One of these heavy metals is lead (Pb), which if discharged directly into the environment can damage the environment and cause health problems. To adsorb these heavy metals, bio-adsorbents can be used, including cassava peel and areca nut peel because they contain cellulose and pectin. In this study, measurements of Pb levels in the waste before and after adsorption were carried out using the UV-visible spectrophotometry method, and the reagent used was alizarin sulfonate from variations in pH. optimum, optimum contact time and optimum mass of the validation method carried out is precision and accuracy. The aim of this study was to determine the comparison of the adsorption effectiveness of cassava peel powder and areca nutshell powder bioadsorbents against Pb metal in pharmaceutical laboratory wastewater. The results obtained were the optimum areca nut skin at pH 5, contact time 45 minutes, and mass 175 mg. Whereas cassava peel at pH 5, contact time 75 minutes, and mass 75 mg. The adsorption effectiveness of areca nut peels is better than that of cassava peels with an adsorption percentage of areca nut peels of 83.38%, while cassava peels are 54.46%. The results of the method validation are declared valid by showing an accuracy value in the range of 80-110% and a precision value of not more than 2%.

Limbah cair laboratorium farmasi merupakan sumber pencemar logam berat yang dapat berbahaya bagi makhluk hidup jika tidak diolah dengan baik. Salah satu logam berat tersebut adalah timbal (Pb) yang jika dibuang langsung ke lingkungan dapat merusak lingkungan dan gangguan kesehatan. Untuk mengadsorpsi logam berat tersebut dapat digunakan bioadsorben salah satunya adalah kulit singkong dan kulit pinang karena mengandung selulosa dan pektin, pada penelitian ini dilakukan pengukuran kadar Pb dalam limbah sebelum dan sesudah adsorpsi menggunakan metode spektrofotometri UV-Visible dan reagen yang digunakan alizarin sulfonat dari variasi pH optimum, waktu kontak optimum, dan massa optimum metode validasi yang dilakukan adalah presisi dan akurasi tujuan penelitian ini dilakukan adalah untuk menentukan perbandingan efektivitas adsorpsi bioadsorben serbuk kulit singkong dan serbuk kulit pinang terhadap logam Pb limbah cair laboratorium farmasi. Hasil yang diperoleh adalah kulit buah pinang optimum pada pH 5, waktu kontak 45 menit, dan massa 175 mg. Sedangkan pada kulit singkong pada pH 5, waktu kontak 75 menit, dan massa 75 mg. Efektivitas adsorpsi kulit pinang lebih baik dibandingkan dengan kulit singkong dengan persentase adsorpsi kulit pinang sebesar 83,38%, sementara kulit singkong 54,46%. Hasil validasi metode dinyatakan valid dengan menunjukkan nilai akurasi pada rentang 80-110% dan nilai presisi tidak lebih dari 2%.

PENDAHULUAN

Limbah laboratorium adalah salah satu limbah yang cukup banyak jumlahnya tetapi masih belum mendapatkan perhatian khusus dalam pengolahannya. Pengolahan limbah laboratorium belum menjadi hal utama yang harus diselesaikan. Kandungan bahan organik maupun anorganik yang terdapat di dalam limbah laboratorium apabila dibuang langsung ke lingkungan dapat merusak lingkungan seperti terganggunya keseimbangan ekosistem, rusaknya struktur tanah, serta dapat menimbulkan berbagai gangguan kesehatan yang serius (Fajri, 2018).

Laboratorium dapat menghasilkan limbah padat, limbah cair, ataupun limbah yang berbentuk gas dari kegiatan pencucian peralatan laboratorium, hasil atau sisa reaksi kimia, bahan sekali pakai, atau limbah B3 yang digunakan saat kegiatan berlangsung (Lasut, 2006). Bahan yang terkandung dalam air limbah laboratorium farmasi tergolong limbah bahan berbahaya dan beracun (B3), seperti Pb (timbal) dan logam berat lainnya (Angraini, 2022).

Limbah yang mengandung Pb merupakan golongan limbah B3 (Widayanto dkk., 2017). Konsentrasi logam Pb yang masuk dalam dalam darah lebih besar dari 20 g/dl dapat menurunkan hemoglobin dan meningkatkan resiko terkena anemia (Liu, 2012). Gangguan kesehatan yang dapat muncul akumulasi Pb dalam tubuh adalah gangguan pada janin untuk ibu hamil, juga gangguan pada sistem syaraf serta gangguan ginjal (Bilal et al., 2018). Keracunan logam Pb akan menimbulkan

gejala rasa logam di mulut, garis hitam pada gusi, gangguan *gastrointestinal*, *anorexia*, muntah-muntah, *ecephalitis*, perubahan keperibadian, kelumpuhan dan kebutaan (Said, 2010). Jasa lembaga pengolah limbah yang bersertifikat sering kali dibutuhkan sebagai upaya pengolahan limbah. Namun, penggunaan jasa tersebut membutuhkan biaya yang cukup tinggi sehingga justru akan meningkatkan biaya pemeliharaan lingkungan bagi lembaga tersebut. Salah satu upaya dalam mengatasi masalah tersebut adalah dengan penanganan limbah menggunakan bioadsorben. Bioadsorben digunakan karena dipercaya lebih efektif dapat menyerap berbagai pengotor organik dan anorganik. Limbah cair laboratorium tidak seharusnya dibuang langsung ke lingkungan tanpa pengolahan. Hal ini dapat menyebabkan pencemaran lingkungan yang akhirnya dampaknya juga dirasakan oleh makhluk hidup disekitarnya (Larastika, 2011).

Penelitian yang pernah dilakukan untuk mengadsorpsi logam berat Pb, diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Zaini dan Sami (2016), kulit kacang mampu sebagai bioadsorben karena adanya akitvaktor dan waktu kontak antara adsorbat dan adsorben. Berdasarkan Nina dkk. (2015), kulit durian mampu digunakan sebagai bioadsorben karena kulit durian mengandung pektin, pektin kulit durian memiliki daya serap terhadap logam berat timbal sebesar 47%. Berdasarkan Alifahturrahma dan Hendriyanto (2018), kulit pisang kepok mampu sebagai bioadsorben karena kulit pisang kepok dalam menurunkan

Cu pada limbah elektroplating diperoleh yang terbaik dengan ukuran mesh 100 sebanyak 4 gram pada kecepatan pengadukan 200 rpm sebesar 81,78%. Salah satu cara penanganan pencemaran logam berat adalah dengan menggunakan bioadsorben dari kulit singkong yang memiliki kandungan protein, selulosa nonreduksi, serat kasar yang tinggi (Purnama, 2020). Kulit buah pinang juga dapat dimanfaatkan dan bisa dijadikan sebagai material bioadsorpsi untuk menghilangkan logam karena mengandung selulosa (Rosalina, 2019).

Berdasarkan latar belakang tersebut, perlu dilakukan penelitian mengenai perbandingan efektivitas adsorpsi bioadsorben serbuk kulit singkong dan serbuk kulit pinang terhadap logam Pb limbah cair laboratorium farmasi yang diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai alternatif adsorben limbah.

METODE

Waktu dan tempat penelitian

Penelitian dilakukan bulan Juni-Agustus 2023 di laboratorium kimia STIKES Dirgahayu Samarinda Pengumpulan atau pengambilan kulit singkong (*Manihot esculenta*) dan kulit pinang (*Areca catechu*) diperoleh dari perkebunan Desa budaya Pampang.

Alat dan bahan

Terdiri dari timbangan analitik, labu erlenmeyer, *magnetic stirrer*, pH meter, Spektrofotometri UV-Vis (Bel Photonics UV-M51®) gelas beaker, gelas ukur, pipet volum, batang pengaduk, ayakan mesh 80, kulit singkong, kulit pinang, $Pb(NO_3)_2$ pro analisis, buffer asetat, alizarin sulfonat pro analisis, dan kertas saring.

Prosedur penelitian

Pembuatan serbuk kulit buah

Kulit singkong dan kulit pinang yang sudah dibersihkan dikeringkan dibawah sinar matahari, dihaluskan menggunakan alat penghalus (blender) diayak menggunakan ayakan mesh 80 agar dapat diperoleh ukuran yang homogen.

Pembuatan pereaksi alizarin

Alizarin sulfonat dilarutkan dengan aquadest dalam labu ukur 100 ml sampai tanda batas 100 ml sehingga diperoleh konsentrasi 1000 ppm

Pembuatan larutan standar timbal (II) nitrat

Sebanyak 100 mg timbal dilarutkan dengan aquadest menggunakan labu ukur 100 ml, tambahkan aquadest sampai tanda batas sehingga diperoleh konsentrasi 1000 ppm.

Penentuan panjang gelombang maksimum

Disiapkan 4 labu ukur 10 ml masing-masing labu ukur dimasukkan standar timbal sebanyak 500 μ L, ditambahkan buffer asetat dengan pH stabilitas 1 ml, alizarin sulfonat dan tentukan panjang gelombang dari masing-masing pH.

Penentuan stabilitas kompleks Pb alizarin sulfonat

Dimasukkan larutan standar timbal sebanyak 500 μ L pada 4 buah labu ukur 10 ml, masing-masing labu ditambahkan buffer asetat pH 3, 4, 5, dan 6 sebanyak 1 ml, kemudian ditambahkan alizarin sulfonat 1 ml menghasilkan kompleks alizarin berwarna orange. Larutan kemudian diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometri uv-vis pada panjang gelombang maksimum pada waktu 0-60 menit dengan rentang waktu 5 menit dari masing-masing pH.

Penetapan kurva kalibrasi

Diambil sebanyak 500 μ L larutan standar $Pb(NO_3)_2$ dengan konsentrasi 4, 6, 8, 10, dan 12 ppm, ditambahkan dengan 1 mL buffer asetat dan 1 mL reagen alizarin sulfonat kemudian diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang maksimumnya.

Penetapan kadar Pb (II) dari limbah cair laboratorium farmasi

Diambil sebanyak 500 μ L sampel limbah laboratorium farmasi yang mengandung logam Pb kemudian ditambahkan buffer asetat sebanyak 1 ml dan reagen alizarin sulfonat sebanyak 1 ml dan diamkan selama *operating timenya* dan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometri UV-Visible..

Penentuan pH optimum

Sebanyak 75 mg serbuk kulit singkong dan serbuk kulit pinang masing-masing dimasukkan ke dalam larutan limbah cair laboratorium 10 ml, diaduk pada pH berbeda yaitu pH 3, 4, 5, dan 6 dengan waktu pengadukan 15 menit. Larutan limbah dan serbuk dipisahkan dengan penyaringan kemudian filtrat dianalisis menggunakan instrument spektrofotometri UV-Visible dengan replikasi sebanyak 3 kali.

Penentuan waktu kontak optimum

Sebanyak 75 mg serbuk kulit singkong dan serbuk kulit pinang masing-masing dimasukkan ke dalam larutan limbah cair laboratorium 10 ml, diaduk pada pH optimum dengan rentang waktu 15, 30, 45, 60, dan 75 menit. Larutan limbah dan serbuk dipisahkan dengan penyaringan kemudian filtrat dianalisis menggunakan instrument spektrofotometri UV-Visible dengan replikasi sebanyak 3 kali..

Penentuan massa optimum

Sebanyak 50, 75, 100, 125, 150, dan 175 mg serbuk kulit singkong dan serbuk kulit pinang ditimbang dan ditambahkan kedalam larutan limbah cair laboratorium 10 ml diaduk pada pH optimum dan waktu kontak optimum. Larutan limbah dan serbuk dipisahkan dengan penyaringan kemudian filtrat dianalisis menggunakan instrument spektrofotometri UV-Visible dengan replikasi sebanyak 3 kali

Metode Validasi

Uji akurasi

Pada uji akurasi digunakan 3 jenis konsentrasi standar, yaitu 15, 85 dan 150 ppm,

yang ditambahkan larutan limbah cair laboratorium farmasi, selanjutnya diukur menggunakan Spektrofotometri UV-Visible dan dihitung % *recovery* dan setiap pengukuran.

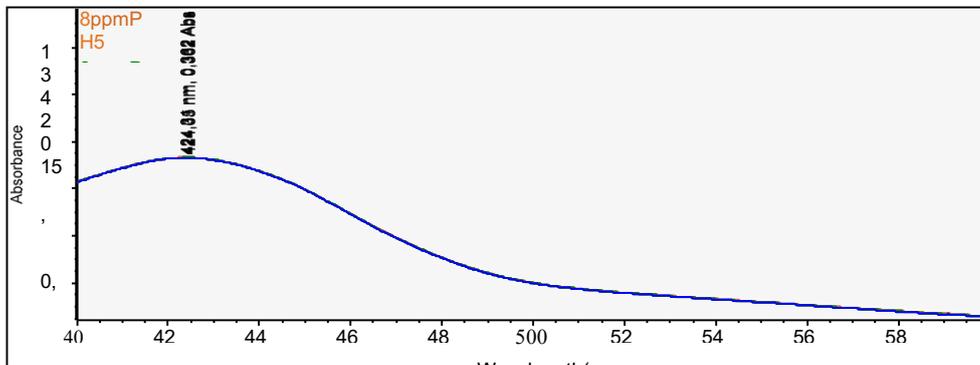
Uji presisi

Pada uji presisi digunakan 1 konsentrasi standar yaitu 85 ppm, larutan limbah cair laboratorium farmasi, kemudian diukur menggunakan Spektrofotometri UV-Visible sebanyak 7 kali pengulangan dan dihitung nilai *Relative Standar Deviation* (RSD/KV) hasil pengukuran.

HASIL

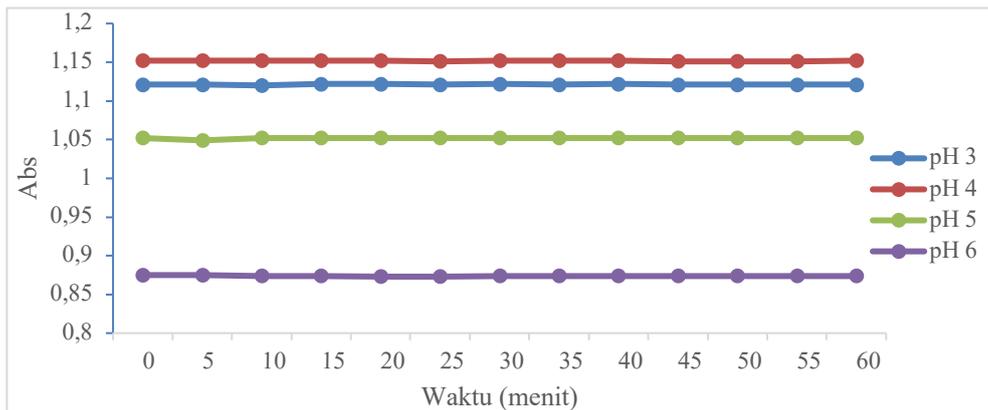
Hasil Penelitian di tunjukkan pada data berikut

1. Penentuan panjang gelombang



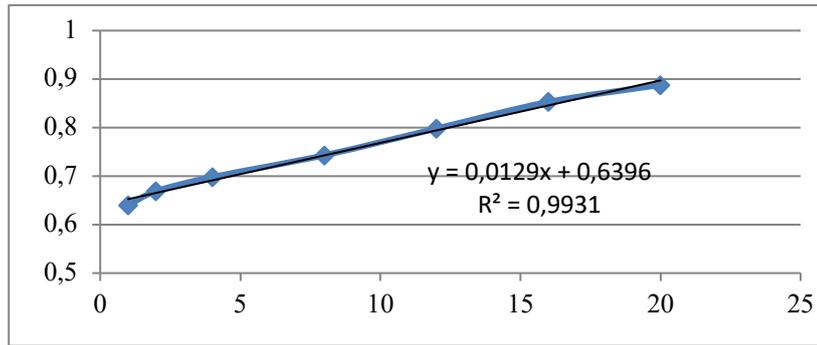
Gambar 1. Panjang Gelombang Maksimum Kompleks Pb-Alizarin sulfonat

2. Stabilitas pH dan *operating time*



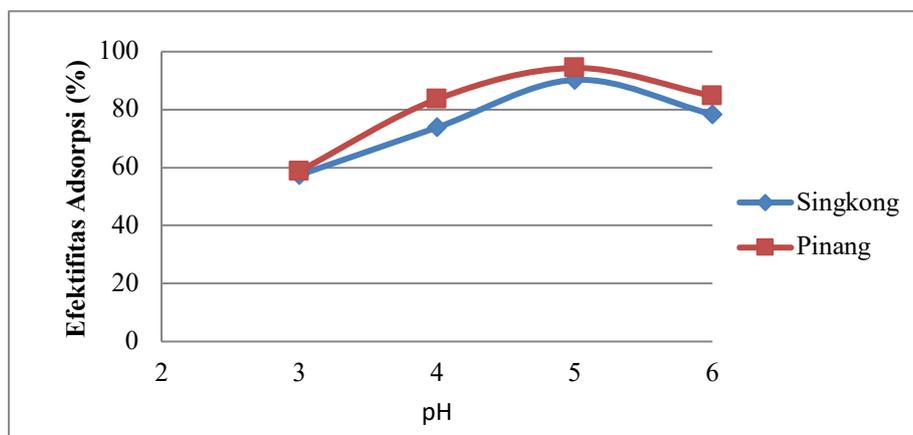
Gambar 2. Grafik Stabilitas Kompleks dalam Berbagai pH

3. Kurva kalibrasi



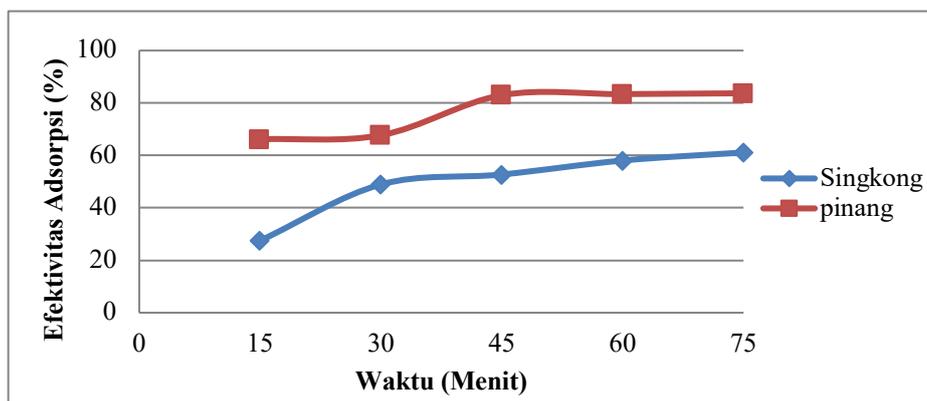
Gambar 3. Kurva Kalibrasi Larutan Standar Pb

4. Penentuan pH optimum



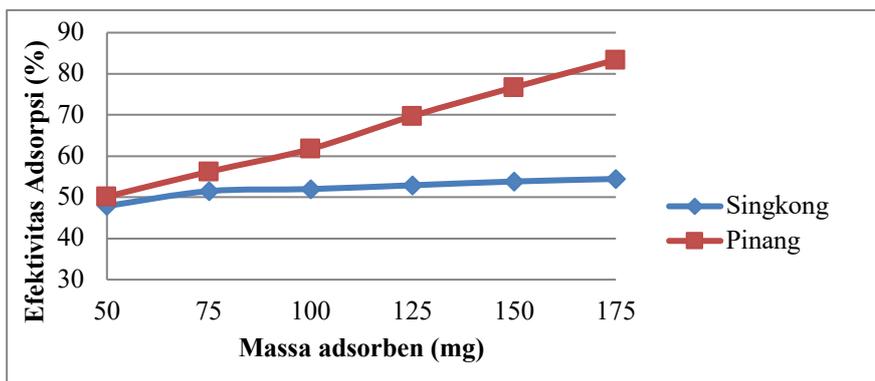
Gambar 4. Grafik Hubungan antara pH dengan Efektivitas Adsorpsi

5. Pengukuran waktu kontak optimum



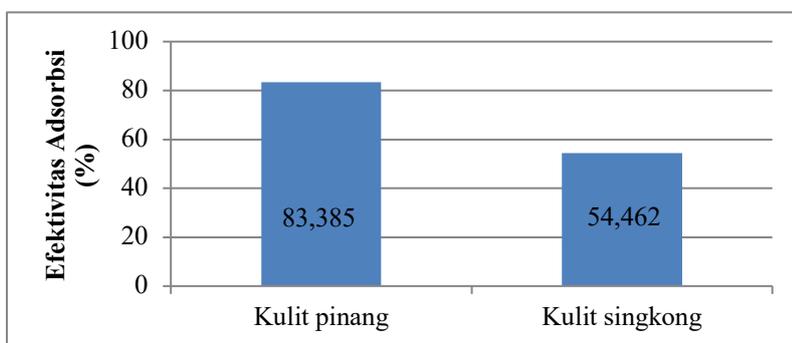
Gambar 5. Hubungan antara Waktu Kontak dan Efektivitas Adsorpsi

6. Penentuan massa optimum



Gambar 6. Hubungan antara Massa Adsorben dengan Efektivitas Adsorpsi

7. Perbandingan efektivitas adsorpsi



Gambar 7. Perbandingan Efektivitas Adsorpsi Kulit Buah Singkong dan Pinang

8. Hasil Uji Akurasi

Tabel 1. Uji akurasi sampel

C (ppm)	Abs	C Terhitung (ppm)	% recovery
15	0,80598	14,933	104,317
85	0,82648	83,266	97,960
150	0,84748	153,266	102,177

9. Hasil Uji Presisi

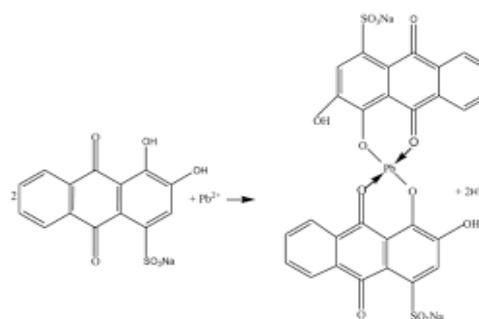
Tabel 2. Uji presisi sampel

Replikasi	Sampel		
	1	2	3
Rep 1	556,6	624,93	694,93
Rep 2	557,43	623,26	694,93
Rep 3	557,43	624,93	693,26
Rep 4	557,43	623,26	694,93
Rep 5	557,43	624,93	694,93
Rep 6	557,43	624,93	694,93
Rep 7	557,43	624,93	694,93
SD	0,314	0,813	0,629
RSD	0,056	0,982	0,411

PEMBAHASAN

Penentuan panjang gelombang maksimum dilakukan sebagai tahap awal analisis kuantitatif dalam analisis menggunakan spektrofotometri *UV-Visible*. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui nilai panjang gelombang yang memberikan absorbansi maksimum logam timbal. Analisis panjang gelombang maksimum dilakukan pada rentang panjang gelombang 400-600 nm. Larutan timbal pada sampel yang direaksikan dengan pereaksi alizarin sulfonat pada suasana asam pH 5, menghasilkan larutan berwarna *orange*, dan memberikan absorbansi maksimalnya pada panjang gelombang 427,7 nm. Kompleks Pb dan Alizarin sulfonat terjadi karena alizarin sulfonat memiliki pasangan elektron bebas pada atom oksigen yang mendonorkan pasangan elektronnya sehingga akan berikatan secara kovalen koordinasi dengan logam Pb. Kompleks Pb-Alizarin sulfonat memiliki gugus kromofor (gugus tidak jenuh kovalen yang dapat menyerap energi radiasi elektromagnetik pada daerah *UV-Visible*), dan juga gugus ausokrom (gugus jenuh yang apabila terikat pada kromofor akan menyebabkan perubahan intensitas) sehingga kompleks ini dapat dianalisis menggunakan metode spektrofotometri *UV-Visible*.

Stabilitas kompleks Pb-Alizarin sulfonat dapat dilihat melalui pengkajian pengaruh pH larutan terhadap absorbansi kompleks. Stabilitas kompleks juga dapat dilihat dari hasil penentuan *operating time*. Pengukuran kondisi pH kompleks optimum dan waktu optimum penting dilakukan agar absorbansi yang didapatkan pada analisis stabil. Nilai pH yang digunakan penentuan stabilitas kompleks yaitu 3, 4, 5, dan 6. Penggunaan pH asam dikarenakan spesies Pb lebih stabil pada pH asam, sedangkan mulai pada pH 6 (basa) spesies Pb berkurang dan berbentuk endapan Pb (OH)₂. Jika terbentuk endapan timbal pada larutan, maka jumlah ion timbal yang membentuk kompleks Pb-Alizarin sulfonat akan berkurang dan menimbulkan ketidaktepatan dalam pengukuran sampel. Pengukuran waktu dilakukan dengan interval 5 menit, yaitu pada rentang waktu 15, 30, 45, 60, dan 75 menit. Berdasarkan gambar kurva hubungan absorbansi terhadap waktu dan variasi pH yaitu gambar 2 diperoleh kondisi yang cenderung stabil ditunjukkan pada penggunaan pH 5 dengan waktu pengadukan selama 10 menit.



Kurva Kalibrasi dibuat menggunakan seri konsentrasi 4, 8, 12, 16, dan 20 ppm. Kurva kalibrasi menunjukkan hubungan konsentrasi larutan standar dengan respon instrumen yang dinyatakan dalam grafik garis lurus yang ditampilkan pada gambar 3. Nilai persamaan garis regresi linier yang diperoleh adalah $y = 0,012x + 0,639$, dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,993. Nilai koefisien korelasi tersebut lebih besar dari 0,99 atau mendekati 1, sehingga kurva kalibrasi dinyatakan memberikan hasil yang baik. Nilai r yang memenuhi syarat dapat mempengaruhi nilai absorbansi secara linear. Nilai kurva kalibrasi yang didapatkan memenuhi syarat sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan oleh SNI yaitu $r \geq 0,995$ (Riyanto, 2017).

Penentuan pH optimum dilakukan pada variasi pH 3, 4, 5, dan 6. Penentuan pH optimum dilakukan karena pH merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi terhadap ion logam berat Pb. Penentuan pH optimum dalam penelitian ini dilihat dari nilai efektivitas adsorpsi (%). Semakin tinggi nilai efektivitasnya, maka jumlah Pb yang terserap pada bioadsorben juga semakin tinggi. Berdasarkan data diatas, efektivitas adsorpsi berada pada pH 5 baik kulit singkong maupun kulit pinang, namun dapat dilihat untuk perbandingan antara kulit singkong dan kulit pinang dalam kemampuan adsorpsinya kulit pinang jauh lebih tinggi efektivitasnya dibandingkan dengan kulit singkong. Hal ini dikarenakan kedua bioadsorben memiliki tingkat efektivitas adsorpsi yang berbeda-beda (Kristiyani dkk., 2012).

Waktu kontak optimum juga penting ditentukan karena dalam proses penyerapannya dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan adsorben menyerap zat pencemar. Pada penelitian ini variasi waktu kontak yang digunakan adalah 15, 30, 45, 60, dan 75 menit. Dari gambar grafik diatas dapat dilihat bahwa % efektivitas dari kulit pinang lebih tinggi dari kulit singkong dimana bisa dikatakan bahwa untuk perbandingan kedua

bioadsorben kulit pinang lebih efektif mengadsorpsi logam Pb. Waktu kontak merupakan salah satu aspek penting yang perlu di pertimbangkan pada proses pengolahan limbah karena waktu kontak optimum dapat menggambarkan berapa lama waktu yang dibutuhkan oleh adsorben untuk menyerap ion secara maksimum sampai tercapai keadaan setimbang. Dari data di atas diperoleh waktu optimum terdapat pada waktu ke 75 menit untuk kulit singkong dengan nilai efisien adsorpsi sebesar 61,128 % dan untuk kulit pinang pada 45 menit dengan nilai efisiensi 82,974 %. Sehingga efektivitas adsorpsi bioadsorben kulit singkong dan kulit pinang terhadap waktu kontak ditampilkan pada gambar 5 dapat disimpulkan efektivitas pada adsorpsi dari kulit pinang lebih baik daripada kulit singkong

Selain pengaruh pH dan waktu kontak, massa adsorben juga merupakan salah satu faktor yang menentukan kemampuan adsorpsi. Variasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu 50, 75, 100, 125, 150, dan 175 mg. Berdasarkan gambar 6 dapat terlihat bahwa massa optimum kulit singkong berada pada 100 mg, sedangkan pada kulit pinang 50 mg. Adsorpsi kulit pinang juga lebih tinggi % efektivitasnya. Penurunan efisiensi penyerapan pada massa adsorben yang terlalu tinggi dapat disebabkan karena pada jumlah ion logam dalam larutan tidak sebanding dengan jumlah partikel adsorben yang tersedia dalam sistem, sehingga permukaan akan mencapai titik jenuh dan persentase efisiensi penyerapan menjadi semakin menurun (Kristiyani dkk., 2012).

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan perbandingan efektivitas kulit buah singkong dan kulit buah pinang yang ditunjukkan gambar 7 terlihat bahwa kulit pinang mempunyai efektivitas adsorpsi tertinggi yaitu sebesar 83,385%. Hal tersebut disebabkan oleh tingginya kadar selulosa pada kulit pinang sehingga adsorpsi logam lebih baik. Pada pH optimum 5, waktu kontak 45 menit, dan massa 175 mg. Sedangkan kulit singkong memiliki efektivitas 54,462%, dengan pH optimum 5, waktu kontak 75 menit, dan massa 75 mg. Mekanisme adsorpsi ion logam pada bioadsorben yang berasal dari kulit buah pada umumnya didasarkan pada interaksi kimia fisika antara ion logam dengan gugus fungsi yang terdapat pada permukaan sel kulit buah. Interaksi tersebut dapat berupa *ion exchange*, pembentukan kompleks khelat, maupun interaksi elektrostatis (Ahalya dkk., 2003).

Uji Akurasi adalah pengukuran derajat kedekatan analisis dengan konsentrasi analit sebenarnya. Uji ini dilakukan terhadap 3 jenis

konsentrasi timbal yaitu 15, 85, dan 150 ppm sehingga menunjukkan perolehan kembali (% *recovery*) berturut-turut 104,317%, 97,960%, dan 102,177% yang ditampilkan pada tabel 1. Persen perolehan kembali tersebut telah memenuhi syarat keterimaan, yaitu 80-110% (Riyanto, 2017).

Uji Presisi diukur sebagai standar deviasi (SD) dan koefisien variasi (KV). Dalam penelitian ini keterulangan metode ditentukan sebagai parameter presisinya dan dilakukan pengulangan sebanyak 7 kali. Keterulangan dilakukan berulang kali oleh analis yang sama pada kondisi yang sama dan interval waktu yang pendek. Tabel 2 menunjukkan bahwa hasil koefisien variasi yang diperoleh yaitu tidak ada yang lebih dari 2% sehingga nilai presisi telah memenuhi syarat parameter validasi. (Riyanto, 2017).

KESIMPULAN

Persentase efektivitas bioadsorben tertinggi terhadap logam Pb dalam penelitian ini adalah pada serbuk kulit pinang yaitu sebesar 83,385%, dengan kondisi optimum pH 5, waktu kontak 45 menit dan massa 50 mg. Sedangkan bioadsorben serbuk kulit singkong memiliki efektivitas yang lebih rendah 54,462%, dengan kondisi pH 5, waktu kontak 75 menit, dan massa 75 mg.

SARAN

Adapun saran dari saya untuk penelitian bioadsorben kulit singkong dan kulit pinang bisa dilanjutkan dengan logam yang lain seperti Cu, Fe atau yang lainnya pada limbah laboratorium farmasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Angraini, N., Agustina, T. E., & Hadiah, F. 2022. *Pengaruh pH dalam Pengolahan Air Limbah Laboratorium Dengan Metode Adsorpsi untuk Penurunan Kadar Logam Berat Pb, Cu, dan Cd*. Journal Ilmu Lingkungan, 20(2), 345-355.
- Ahalya, N., Ramachandra, T., & Kanamadi, R. (2003). *Biosorption of Heavy Metal*, Research Journal of Chemical and Environment, 7(4), 71-79.
- Alifaturrahma, P., & Hendriyanto, O. (2018). *Pemanfaatan kulit pisang kepok sebagai adsorben untuk menyisihkan logam Cu*. Jurnal ilmiah teknik lingkungan, 8(2), 105-111.
- Bilal, M., Rasheed, T., Sosa-Hernandez, J. E., Raza, A., Nabeel, F., & Iqbal, H. M. (2018). *Biosorption : An Interplay*

- Between Marine Algae and Potentially Toxic Elements-A Review*. National Library of Medicine, 16 (2), 65
- Fajri, A. 2018. *Pengolahan Limbah Laboratorium Kimia dengan Sistem Penyaringan Sederhana*. Journal of Sainstek.
- Issabayeva, G., Aroua, M. K., & Sulaiman, N. M. N. (2006). *Removal of lead from aqueous solutions on palm shell activated carbon*. Bioresource Technology, 97(18), 2350–2355.
- Kristiyani, D., Susatyo, E. B., & Prasetya, A. T. (2012). *Pemanfaatan Zeolit Abu Sekam Padi Untuk menurunkan Kadar Ion Pb²⁺ Pada Air Sumur, Indonesian*. Journal of Chemical Science, 1
- Liu, Yi. 2012. *Adsorption of Methylene Blue by Kapok Fiber Treated by Sodium Chlorite Optimized with Response Surface Methodology*. 184:248-255
- Larastika, W. (2011). *Studi Awal Karakterisasi dan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) di Universitas Indonesia (Studi Kasus: Beberapa Laboratorium di FT, Skripsi FMIPA, FK dan FKG)*. Skripsi, Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- Lasut, R. (2006). *Implementasi Manajemen Bahan Kimia dan Limbah Laboratorium Kimia (Studi Kasus di Laboratorium PT Pupuk Kaltim, Tbk)*, Doctoral dissertation, Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.
- C., Primadhamanti, A., & Yanti, F. (2020). *Uji Adsorben Limbah Kulit Singkong Terhadap Ion Logam Pb (Timbal) Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom*. Jurnal Analisis Farmasi, 5(2), 127-134.
- Riyanto. (2017). *Validasi & Verifikasi Metode Uji Sesuai dengan ISO/IEC 17025 Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi (1st ed.)*. Yogyakarta: deepublish.
- Rosalina, F., & Febriadi, I. (2019). *Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Pinang dan Batang Sagu dalam Pembuatan Pupuk Organik Cair*. Median, 11(3), 13–18.
- Sastrohamidjojo, H. (2019). *Dasar-dasar Spektroskopi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Said, I., Jalaluddin, M. N., Upe, A., & Wahab, A.W. (2009). *Penetapan konsentrasi logam berat krom dan timbal dalam sedimen estuaria sungai matangpondo Palu*. Jurnal Chemica, 10(2), 40–47.
- Widayatno, T., Yulawati, T., Susilo, A. A. (2017). *Adsorpsi Logam Berat (Pb) Dari Limbah Cair Dengan Adsorben Arang Bambu Aktif*. Jurnal Teknologi Bahan Alam. Vol 1(1): 17-23
- Zaini, H., & Sami, M. 2016. *Kinetika Adsorpsi Pb (II) Dalam Air Limbah Laboratorium Kimia Menggunakan Sistem Kolom Dengan Bioadsorben Kulit Kacang Tanah*. Prosiding Semnastek.

Purnama, R.



Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution, and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made. The images or other third-party material in this article are included in the article's Creative Commons license unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons license and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.