

Perbandingan Efektivitas Bioadsorben Berbagai Serbuk Kulit Buah Terhadap Logam Pb Dari Limbah Cair Laboratorium Farmasi

Hesty Nuur Hanifah, Ginayanti Hadisoebroto

Jurusan Farmasi, Universitas Al-Ghifari, Jalan Cisaranten Kulon No. 140, Bandung

*Corresponding Author: hesty.nuur@gmail.com

Received: November,23,2021/Accepted: December,31,2021

doi: 10.24252/al-kimiav9i2.24660

Abstract: *Pharmaceutical laboratory liquid waste is a source of heavy metal contaminants that can be harmful to living things if not treated properly. One of these heavy metals is lead (Pb), which if accumulated in the body can cause kidney disorders, nerves and even death. Utilization of bioadsorbents derived from biomass in the form of fruit peels can be a solution because they generally contain compounds that have functional groups that can bind to metals. The purpose of this study was to reduce Pb levels in liquid waste using a biomass waste adsorbent made from five) kinds of fruit peel powder, namely jackfruit peel, salak, durian, banana and watermelon. The adsorption process must be carried out under optimal conditions, by varying the pH factor, immersion time and mass of the bioadsorbent powder. The pH used was in the pH range of 2-6, the variations in immersion time were 15, 30, 45, 60 and 75 minutes, while the variations in powder mass were 25, 50, 75, 100 and 125g. The results showed that the highest adsorption effectiveness was obtained using jackfruit peel powder, which was 94.74%. While the lowest adsorption effectiveness was using banana peel powder, which was 57.29. The adsorption effectiveness of watermelon, salak and durian peel were 91.52%, 90.5% and 63.74%, respectively. It was concluded that jackfruit, watermelon and salak rind powder could be used as a bioadsorbent for heavy metal Pb with high adsorption effectiveness.*

Key word: *Pb metal; bioadsorbent; fruit peel; adsorption effectiveness*

PENDAHULUAN

Aktivitas manusia mengakibatkan pelepasan limbah logam berat ke lingkungan dalam berbagai bentuk, termasuk limbah aktivitas industri, limbah laboratorium, pembuangan transportasi, limbah kota, tempat pembuangan sampah, limbah pertambangan, dan pelapisan listrik. Pencemaran logam berat terhadap lingkungan dapat membahayakan, karena mengakibatkan timbulnya berbagai macam gangguan kesehatan. Menghilangkan kandungan logam berat dari air penting dilakukan karena unsur-unsur tersebut tidak dapat terurai secara hayati dan cenderung terakumulasi dalam organisme hidup (bioakumulasi), sehingga menimbulkan berbagai penyakit dan gangguan kesehatan yang mematikan (Kadja & Ilmi, 2019). Tidak seperti polutan organik, yang sebagian besar rentan terhadap degradasi biologis, ion logam tidak terdegradasi menjadi produk akhir yang tidak berbahaya (Panda, Tiadi, Mohanty, & Mohanty, 2017).

Limbah dari industri farmasi dan kimia lainnya maupun laboratorium analisis pada umumnya banyak mengandung logam timbal (Pb), sehingga perlu mendapatkan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke dalam lingkungan. Sumber limbah cair industri farmasi berasal dari proses-proses produksi, proses pencucian alat produksi, kegiatan laboratorium dan sisa produk yang tidak memenuhi spesifikasi atau dari kegagalan proses (Crisnaningtyas & Vistanty, 2016).

Limbah yang mengandung timbal (Pb) merupakan golongan limbah beracun dan berbahaya atau limbah B3 (Widayanto, Yuliawati, & Susilo, 2017). Beberapa gangguan yang dapat diakibatkan oleh adanya akumulasi Pb dalam tubuh adalah gangguan pada janin untuk ibu hamil, juga gangguan pada sistem syaraf serta gangguan ginjal (Bilal, et al., 2018). Bila konsentrasi timbal dalam darah lebih besar dari 20µg/dl dapat menurunkan hemoglobin dan meningkatkan resiko terkena anemia (Liu, McCauley, & Pinto-Martin, 2012). Selain itu keracunan Pb akan menimbulkan gejala rasa logam di mulut, garis hitam pada gusi, gangguan gastrointestinal, anorexia, muntah-muntah, encephalitis, perubahan kepribadian, kelumpuhan dan kebutaan (Said, 2010).

Beberapa metode yang sering digunakan untuk menurunkan konsentrasi ion logam berat dalam limbah cair industri diantaranya adalah filtrasi membran, pertukaran ion, proses kimia presipitasi, koagulasi (flokulasi), oksidasi kimia, dan metode adsorpsi (Massimi, Giuliano, & Canepari, 2018). Menurut (Tangio J. S., 2013) metode yang paling umum digunakan dalam mengurangi kandungan logam berat adalah metode adsorpsi. Metode ini dalam mekanisme dan prosedur pengerjaannya cukup sederhana serta tidak membutuhkan biaya yang tinggi. Proses adsorpsi yang sekarang sedang banyak digunakan adalah dengan menggunakan limbah hasil pertanian, yaitu dengan memanfaatkan buangan organik yang dikenal dengan istilah biosorben. Keuntungan memakai bioadsorben adalah biaya yang relatif terjangkau, tidak memerlukan proses regenerasi, proses pengolahan limbah yang efisien, jumlah bahan baku yang melimpah, serta tidak banyak menghasilkan lumpur (Kurniasari, 2010).

Limbah hasil pertanian yang dapat digunakan sebagai biosorben diantaranya adalah limbah kulit buah yang biasanya hanya dibuang dan tidak dimanfaatkan, misalnya kulit buah nangka, durian, pisang, jeruk, salak, semangka, kelapa, manggis dan lain-lain yang pada umumnya mengandung senyawa selulosa, pektin dan lignin.

Kulit nangka (*Artocarpus heterophyllus*) memiliki kandungan selulosa yang tinggi (27,75%), pektin (17,63%), protein (6,27%) dan juga karbohidrat sebesar 4% (Koh, Leong, & Noranizan, 2014) (Antony, 2017). Kulit nangka dapat dimanfaatkan sebagai biosorben terhadap senyawa logam karena memiliki kadar selulosa yang cukup tinggi (Baloga, Walanda, & Hamzah, 2019). Kulit nangka juga mengandung sejumlah metabolit sekunder, yaitu: golongan senyawa alkaloid, senyawa flavonoid, golongan fenol dan juga terpenoid (Raihan, et al., 2019).

Salak (*Salacca zalacca*) yang sering digunakan masyarakat hanyalah buahnya saja sedangkan kulit salak dibuang dan menjadi limbah lingkungan. Kulit salak mempunyai kadar pektin yang cukup tinggi yaitu sebesar 6,7 % sehingga kulit buah salak juga dapat dimanfaatkan sebagai arang aktif yang dapat digunakan sebagai adsorben (Dhaneswari, Sula, Ulina, & Andriana, 2015) (Mangallo, Susilowati, & Wati, 2014). Selain itu kulit buah salak juga mengandung nilai gizi berupa protein, karbohidrat, air serta rendah lemak. Kandungan metabolit sekunder yang terdapat pada kulit salak meliputi tannin, flavonoid, senyawa hidroquinon, alkaloid, dan asam askorbat (Khairi & Nurkhasanah, 2020).

Pisang adalah salah satu jenis buah-buahan yang dapat ditemukan dengan mudah dan tersebar di seluruh bagian wilayah Indonesia. Selama ini pisang hanya buahnya yang dikonsumsi dan dimanfaatkan, akibatnya limbah dari kulit pisang akan semakin meningkat dan menjadi cemaran pada lingkungan. Kulit pisang kepok (*Musa acuminata* >< *balbisiana ABB Group*) mengandung beberapa komponen kimia seperti selulosa, hemiselulosa, zat pektin dan gugus aktif amino, hidroksil, karboksil, yang dapat mengikat dan menarik logam berat pada biomassa (Kurniasari, Hartati, & Satik, 2014).

Kulit durian (*Durio zibethinus* L.) memiliki sifat yang keras, tajam dan tebal. Kulit durian mengandung beberapa senyawa, diantaranya minyak atsiri, flavonoid, fenolik, saponin, selulosa serta lignin (Muhtadi & Utami, 2019). Kandungan selulosa pada kulit

durian cukup tinggi yaitu sebesar 33.12% (Marlinawati, Bohari, & Alimuddin, 2016) (Penjumrasa, Rahman, Talib, & Abdand, 2014), sehingga kulit durian dapat digunakan sebagai adsorben untuk menurunkan kadar logam berat.

Semangka (*Citrullus lanatus*), merupakan buah berair yang memiliki manfaat diantaranya sebagai obat diuretik. Kulit buah semangka sejauh ini hanya merupakan limbah yang belum banyak diketahui manfaatnya. Kulit semangka mengandung protein, selulosa, karotenoid, *citrulline* dan pektin yang melimpah, dengan gugus fungsi hidroksi, karboksil dan amin yang dapat dengan mudah menarik ion-ion bermuatan positif (kation) (Jawad, Ngoh, & Radzun, 2018).

Daya adsorpsi masing-masing serbuk kulit buah di atas dapat ditentukan dengan cara mengukur presentase penurunan kadar Pb yang terdapat pada limbah sebelum dan sesudah perlakuan perendaman dengan serbuk kulit buah. Limbah mengandung Pb diperoleh dari Laboratorium Farmasi Universitas Al Ghifari, Jln. Cisaranten Kulon No. 140 Bandung. Parameter yang perlu diperhatikan adalah pH optimum, lamanya waktu perendaman, serta dosis efektif serbuk yang digunakan.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kulit buah nangka, salak, semangka, durian dan pisang kepok, limbah cair laboratorium farmasi, NaOH 0,1N, HNO₃, aquabidest.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya timbangan analitik, *moisture balance*, *magnetic stirrer*, AAS (*Atomic Absorption Spectrofotometri*) Shimadzu AA-7000.

Prosedur

Pengumpulan Bahan Tanaman

Kulit buah pisang kepok, salak, durian, nangka dan semangka diperoleh dari pedagang buah-buahan di daerah Kota Bandung.

Determinasi Tanaman

Determinasi tanaman pisang kepok, salak, durian, nangka dan semangka dilakukan di Herbarium Jatinangor, Laboratorium Taksonomi Tumbuhan, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Padjadjaran dan di Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati ITB Bandung.

Pembuatan Serbuk Kulit Buah

Kulit pisang, salak, durian, nangka dan semangka yang telah dibersihkan, dipotong tipis dan dikeringkan di bawah sinar matahari. Selanjutnya kulit buah pisang kepok, salak, semangka, nangka dan durian yang sudah kering tersebut, dihaluskan menggunakan alat penghalus (*blender*), dan diayak menggunakan ayakan mesh 100, agar diperoleh ukuran yang homogen.

Penetapan Kadar Air

Menggunakan alat pengukur kadar air (*Moisture Balance*). Sebanyak 2g sampel ditentukan kadar airnya pada suhu 100°C selama 15 menit (Agoes, Darijanto, & Purwantini, 2007).

Pembuatan Kurva Kalibrasi Standar Pb (NO₃)₂

Larutan standar Pb dibuat konsentrasi 1, 2, 3, 4, 5 dan 10 ppm, lalu diukur serapannya menggunakan instrument AAS pada panjang gelombang maksimum 283,3 nm dan dilakukan replikasi sebanyak 3 kali.

Pengukuran Kadar Pb dari Limbah Cair Laboratorium Farmasi

Penyiapan sampel uji dilakukan berdasarkan SNI.6989.8.2009. Sampel yang mengandung logam Pb diukur absorbansinya menggunakan AAS dengan panjang gelombang maksimum 283,3 nm.

Penentuan pH Optimum

Sampel serbuk kulit buah pisang, semangka, salak, durian dan nangka, masing-masing 75 mg ditambahkan ke dalam larutan sampel 10 mL limbah cair, selanjutnya dilakukan pengadukan dengan pengaduk magnetik pada pH yang berbeda-beda yaitu dari pH 2, 3, 4, 5, dan 6, masing-masing selama 15 menit. Kemudian larutan dianalisis menggunakan SSA dan dilakukan replikasi setiap variasi pH sebanyak 3 kali (Nurhasni, Saniyyah, & Hendrawati, 2010).

Penentuan Waktu Kontak Optimum

Sampel serbuk kulit buah pisang, semangka, salak, durian dan nangka, masing-masing 75 mg ditambahkan ke dalam larutan sampel 10 mL limbah cair. Selanjutnya dilakukan pengadukan dengan pengaduk magnetik pada pH optimum yang telah diperoleh, dengan variasi waktu yaitu 15, 30, 45, 60 dan 75 menit. Kemudian larutan dianalisis menggunakan SSA dan dilakukan replikasi setiap variasi waktu sebanyak 3 kali (Nurhasni, Saniyyah, & Hendrawati, 2010).

Penentuan Massa/Dosis Optimum

Sampel serbuk kulit buah ditimbang dengan berbagai variasi massa yaitu 25 mg, 50 mg, 75 mg, 100 mg, dan 125 mg, masing-masing ditambahkan ke dalam larutan sampel 10 mL limbah cair. Selanjutnya dilakukan pengadukan dengan pengaduk magnetik pada pH optimum dan waktu kontak optimum. Kemudian larutan dianalisis menggunakan AAS dan dilakukan replikasi setiap variasi massa sebanyak 3 kali (Nurhasni, Saniyyah, & Hendrawati, 2010).

Uji Verifikasi Metode

Uji verifikasi metode dilakukan dengan menggunakan metode *spike* terhadap parameter akurasi dan presisi. Sedangkan untuk uji linearitas, *limit of detection (LOD)* dan *limit of quantitation (LOQ)* dapat ditentukan dari data pembuatan kurva kalibrasi (Utami & Wulandari, 2019) (Standar Nasional Indonesia, 2018).

Uji akurasi menggunakan 3 konsentrasi standar yaitu 0,1; 1 dan 10 ppm, yang ditambahkan larutan sampel limbah cair, selanjutnya diukur menggunakan SSA dan dihitung % recovery dari setiap pengukuran.

Uji presisi ditentukan menggunakan 1 konsentrasi standar, yaitu konsentrasi 1 ppm, yang ditambah sampel limbah cair, kemudian diukur menggunakan SSA sebanyak 7 kali pengulangan dan dihitung nilai RSD/KV hasil pengukuran.

Pengolahan Data

Efektivitas adsorpsi serbuk kulit buah terhadap logam Pb dapat ditentukan dengan menghitung efektivitas penurunan (E_r), menggunakan persamaan berikut (Hajar, Sitorus, Mulianingtias, & Welan, 2016):

$$Ef (\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100\%$$

Y_i = Kandungan Pb awal (mg/L)

Y_f = Kandungan Pb setelah perlakuan (mg/L)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Determinasi Tanaman

Hasil determinasi menunjukkan bahwa kulit pisang yang digunakan merupakan spesies *Musa acuminata* << *balbisiana* **ABB Group**, kulit salak yang digunakan merupakan spesies *Salacca zalacca*, kulit durian yang digunakan merupakan spesies *Durio Zibethinus* **L**, kulit nangka yang digunakan termasuk dalam spesies *Artocarpus heterophyllus* **Lam**, dan kulit semangka yang digunakan merupakan *citrullus vulgaris*.

Kadar Air

Kadar air sangat berpengaruh padamasia simpan bahan. Jika kada air tinggi dapat menyebabkan kerentanan terhadap aktivitasmikroba, sehingga dilakukan pengeringan bahan sampai batas kadar air tertentu (Agoes, Darijanto, & Purwantini, 2007).

Tabel 1. Kadar Air Serbuk Kulit Buah

Sampel Buah	Kulit	Kadar air (%)
Pisang		6
Salak		2,3
Durian		3,1
Nangka		3,2
Semangka		1.4

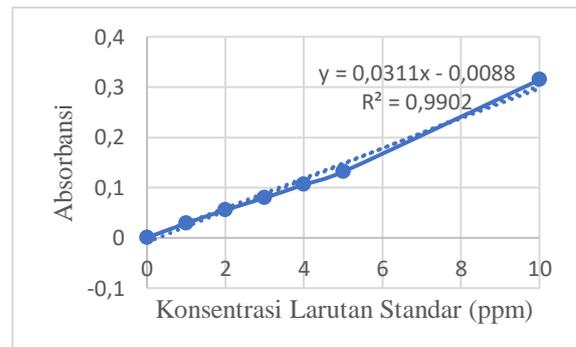
Kadar air dari berbagai kulit buah sesuai dengan syarat yang ditetapkan yaitu tidak lebih dari 10% (Tarigan, Kaban, & Hanun, 2012).

Kurva Kalibrasi

Konsentrasi kurva standar Pb yang diuji dengan menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom yaitu sebesar 0,0 ppm, 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm, dan 4 ppm, 5 ppm, 10 ppm. Dengan hasil data yang didapatkan sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Pengukuran Larutan Standar

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0	0.0004
1	0.029
2	0.0556
3	0.0795
4	0.106
5	0.1316
10	0.3144

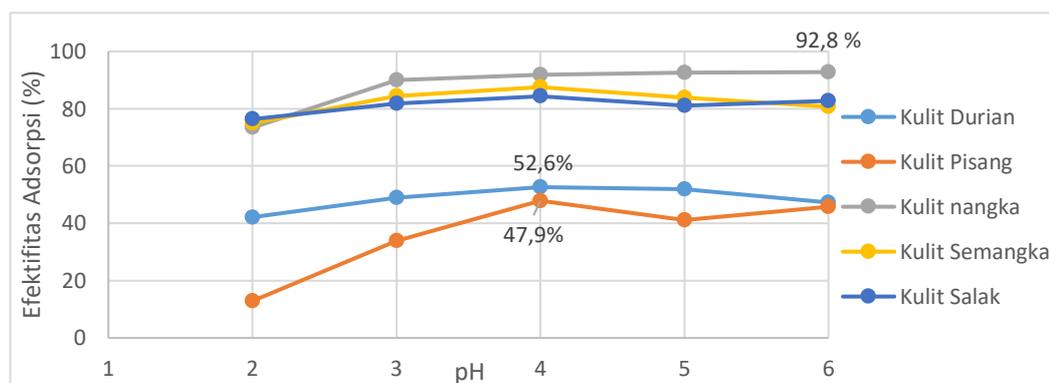


Gambar 1. Kurva Kalibrasi arutan Standar Pb

Dari data di atas, nilai r yang didapat sebesar 0,9902 dengan persamaan garis regresi linear $y = 0,0311x - 0,0088$. Hal ini menunjukkan bahwa kurva kalibrasi yang dihasilkan adalah linear karena apabila nilai r di antara 0,9 – 1, tingkat korelasi antara variabel x dan y sangat tinggi (Sugiyono, 2014).

Penentuan pH Optimum

Salah satu faktor yang berpengaruh pada proses adsorpsi terhadap ion logam berat adalah pH (derajat keasaman) (Tangio, 2013). Penentuan pH optimum dilakukan pada variasi pH 2, 3, 4, 5, dan 6.



Gambar 2. Grafik Hubungan antara pH dengan Efektivitas Adsorpsi

Penentuan pH optimum dilihat dari nilai efektifitas adsorpsi (%) yang tertinggi. Bila nilai efektifitasnya tinggi, maka jumlah Pb yang terserap oleh bioadsorben tinggi.

Berdasarkan data di atas, efektifitas adsorpsi pada awalnya kecil dan semakin meningkat dengan kenaikan pH larutan hingga sampai pada suatu kondisi pH dimana efektifitas adsorpsinya akan kembali menurun.

Pada kondisi pH 2 efektifitas adsorpsi masih rendah karena logam Pb berkompetisi dengan ion H^+ untuk berikatan dengan gugus fungsi pada permukaan adsorben. Kemudian penyerapan logam akan semakin meningkat dengan naiknya kondisi pH dalam larutan karena konsentrasi ion H^+ akan semakin berkurang dengan naiknya pH larutan.

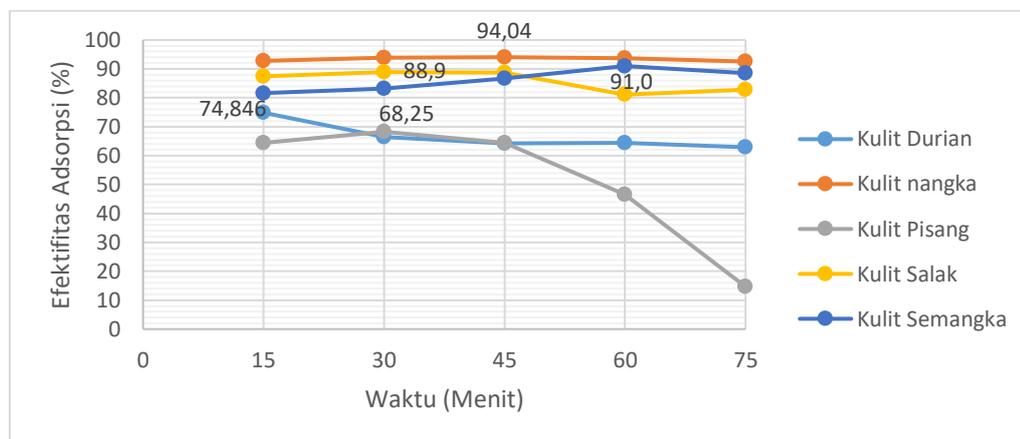
Kondisi optimum dicapai pada saat pengikatan ion Pb oleh gugus fungsi adsorben telah mengalami kejenuhan. Dari gambar 2 bisa terlihat bahwa kulit pisang kepok, salak, durian, semangka mempunyai pH optimum 4 sedangkan kulit nangka mempunyai pH optimum 6. Setelah melewati pH optimum, efektifitas penyerapan logam dalam berbagai serbuk kulit buah cenderung turun, hal ini disebabkan karena pada pH tinggi terdapat lebih banyak ion OH^- sehingga bereaksi dengan ion-ion logam dan menyebabkan ion logam mulai mengendap dan logam Pb yang terserap oleh bioadsorben menjadi semakin sedikit (Kristiyani, Susatyo, & Prasetya, 2012).

Pengukuran Waktu Kontak Optimum

Faktor selanjutnya yang mempengaruhi proses adsorpsi antara adsorben dan adsorbat adalah waktu kontak, karena dalam proses penyerapannya dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan adsorben menyerap zat pencemar (Nurhayati, Sugito, & Ayu, 2018). Variasi waktu kontak yang digunakan pada penelitian ini 15 menit, 30 menit, 45 menit, 60 menit, dan 75 menit.

Dari gambar 3 bisa terlihat bahwa waktu optimum kulit durian adalah 15 menit, kulit pisang dan kulit salak 30 menit, kulit nangka 45 menit dan kulit semangka 60 menit. Pada

waktu kontak optimum, kapasitas logam yang terserap bernilai maksimal. Kondisi optimum ini disebut dengan keadaan kesetimbangan adsorpsi.

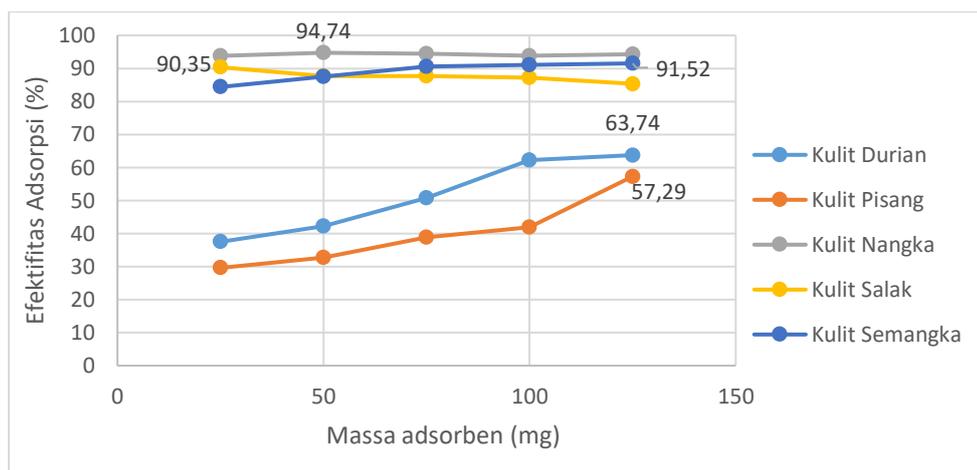


Gambar 3. Hubungan Antara Waktu Kontak dan Efektivitas Adsorpsi

Pada gambar 3 dapat terlihat bahwa setelah melewati waktu kontak optimum, efektivitas adsorpsi cenderung menurun. Hal ini karena terjadi proses penguraian kompleks adsorben-adsorbat menjadi molekul adsorben dan molekul adsorbat yang disebut desorpsi. Setelah melewati waktu kontak optimum, logam Pb yang teradsorpsi dalam serbuk kulit buah akan mengalami proses desorpsi. Jadi logam Pb yang terserap di permukaan kulit buah akan kembali berkurang (Kristiyani, Susatyo, & Prasetya, 2012).

Penentuan Massa Optimum

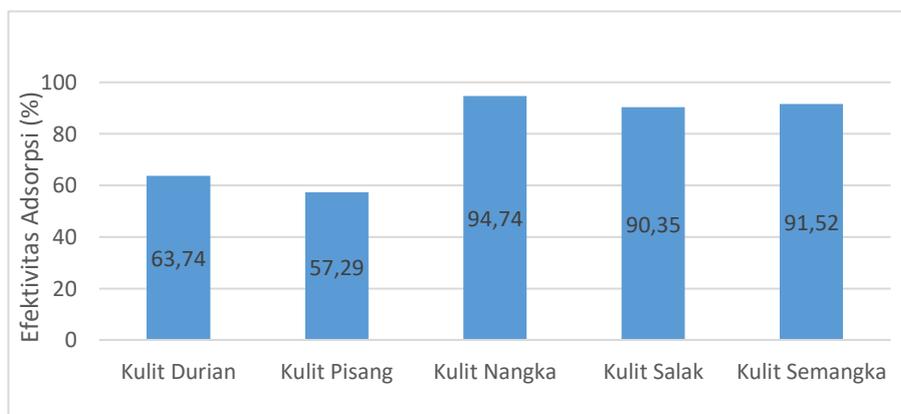
Selain pH dan waktu kontak, faktor selanjutnya yang menentukan efektivitas proses adsorpsi adalah massa adsorben. Variasi massa adsorben yang digunakan pada penelitian ini adalah 25 mg, 50 mg, 75 mg, 60 mg, dan 75 mg.



Gambar 4. Hubungan antara Massa Adsorben dengan Efektivitas Adsorpsi

Dari gambar 4 dapat terlihat bahwa massa optimum kulit pisang, durian dan semangka adalah 125 mg, kulit salak 25 mg, sedangkan kulit nangka 50 mg.

Dari hasil yang didapatkan, konsentrasi bioadsorben akan berpengaruh terhadap persentase hasil penyerapan logam Pb dalam limbah cair. Perbedaan hasil yang didapat dari tiap kulit buah dikarenakan perbedaan karakter dan komposisi bahan aktif dari dari setiap serbuk kulit buah.



Gambar 5. Perbandingan Efektivitas Adsorpsi Berbagai Kulit Buah

Dari gambar 5 bisa terlihat bahwa kulit nangka mempunyai efektivitas adsorpsi tertinggi yaitu sebesar 94,74%. Sedangkan kulit buah yang mempunyai efektivitas terkecil adalah kulit pisang yaitu sebesar 57,29%. Tingginya efektivitas dari kulit nangka disebabkan oleh tingginya kadar selulosa yaitu sebesar 27,75% (Antony, 2017) dan tingginya kadar pektin, 17,63% (Koh, Leong, & Noranizan, 2014).

Kulit pisang mempunyai kadar selulosa dan pektin yang cukup rendah yaitu 14,14% (Maulana, 2021) dan 6-8% (Akili, Ahmad, & Suyatma, 2012). Selulosa dan pektin merupakan komponen utama yang berperan dalam proses bioadsorpsi, karena kedua bahan tersebut memiliki banyak sekali gugus fungsi.

Mekanisme adsorpsi ion logam pada kulit buah umumnya didasarkan pada interaksi kimia fisika antara ion logam dengan gugus fungsional yang ada pada permukaan sel kulit buah. Interaksi tersebut dapat berupa ion exchange, pembentukan kompleks khelat, maupun interaksi elektrostatik (Ahalya, Ramachandra, & Kanamadi, 2003).

Uji Verifikasi Metode

Uji Akurasi

Pada uji akurasi limbah dibuat menjadi 1 ppm, setelah itu ditambahkan larutan baku standar 0,1 ppm, 1 ppm dan 10 ppm sehingga menjadi tiga variasi berbeda yaitu 1,1 ppm, 2 ppm dan 11 ppm.

Pada uji ini hasil yang didapatkan nilai % *Recovery* yang didapat ada pada rentang 88,88% - 150 %. Hal ini sesuai dengan rentang nilai *recovery* penetapan kadar limbah dimana rentang syarat keberterimaan dari uji akurasi adalah nilai antara 80-120% (Utami & Wulandari, 2019) (Standar Nasional Indonesia, 2018).

Uji Presisi

Uji presisi pada penelitian ini menghasilkan nilai %RSD dari limbah Pb adalah 0,008% dengan nilai SD 0,094. Nilai tersebut telah sesuai dengan syarat keberterimaan dari uji presisi yaitu $RSD < 20\%$ (Utami & Wulandari, 2019) (Standar Nasional Indonesia, 2018).

LOQ dan LOD

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran LOQ dan LOD instrument AAS. Nilai LOD yang didapat pada penelitian ini adalah 0.14 sedangkan nilai LOQ sebesar 0.42.

SIMPULAN

Bioadsorben yang mempunyai efektivitas adsorpsi logam Pb tertinggi adalah serbuk kulit nangka yaitu sebesar 94,74%, dengan kondisi optimum pada pH 6, waktu kontak 45 menit dan massa 50 mg. Sedangkan bioadsorben yang mempunyai efektivitas adsorpsi yang paling rendah adalah serbuk kulit pisang yaitu sebesar 57,29%, dengan kondisi optimum pH 4, waktu kontak 30 menit dan massa 125 mg. Efektivitas adsorpsi kulit semangka, kulit salak dan kulit durian berturut-turut adalah 91,52%, 90,5% dan 63,74%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi atas dukungan dananya, serta kepada LPPM Universitas Al-Ghifari dan Staf Laboratorium Analisis Instrumen Universitas Al-Ghifari.

DAFTAR PUSTAKA

- Agoes, G., Darijanto, S. T., & Purwantini, E. (2007). *Teknologi Bahan Alam*. Bandung, Indonesia: Institut Teknologi Bandung.
- Ahalya, N., Ramachandra, T., & Kanamadi, R. (2003). Biosorption of Heavy Metal, . *Research Journal of Chemical and Environment* , 7(4), 71-79.
- Akili, M., Ahmad, U., & Suyatma, N. (2012). Karakteristik Edible Film dari Pektin Hasil Ekstraksi Kulit Pisang. *Keternakan Pertanian (JTEP)*, 26(1), 39-46.
- Antony, A. S. (2017). Physicochemical Characterization of Jackfruit (*Artocarpus integer* (Thumb.)) Peel. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 8(3), 2285-2295.
- Baloga, H., Walanda, D. K., & Hamzah, B. (2019). Pembuatan Arang dari Kulit Nangka (*Artocarpus heterophyllus*) sebagai Adsorben terhadap Kadmium dan Nikel Terlarut. *Jurnal Akademika Kimia*, 8(1), 28-33.
- 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.
- Bormans, P. (2004). *Ceramics are more than Clay Alone*. Cambridge: Cambridge International Science Publishing.
- Crisnaningtyas, F., & Vistanty, H. (2016). Pengolahan Limbah Cair Industri Formulasi Farmasi dengan Metode Anaerob-Aerob dan Anaerob Koagulasi. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*, 7 (1), 13-21.
- Dhaneswari, P., Sula, C., Ulima, Z., & Andriana, P. (2015). Pemanfaatan Pektin Yang Diisolasi Dari Kulit Dan Buah Salak (*Salacca Edulis Reinw*) Dalam Uji In Vivo Penurunan Kadar Kolesterol Dan Glukosa Darah Pada Tikus Jantan GalurWistar . *Khazanah*, vol 7 No.2.
- Fewell, M. P. (1995). The atomic nuclide with the highest mean binding energy. *American Journal of Physics*, 63(7), 653-658.
- Hajar, E. W., Sitorus, R. S., Mulianingtyas, N., & Welan, F. J. (2016). Efektivitas Adsorpsi Logam Pb²⁺ Dan Cd²⁺ Menggunakan Media Adsorben Cangkang Telur Ayam. *Konversi*, 5(1), 1-8.
- Jawad, A. H., Ngoh, Y. S., & Radzun, K. A. (2018). Utilization of Watermelon (*Citrillus lanatus*) Rinds as a Natural Low-cost Biosorbent for Adsorption of Methylene Blue : Kinetic, Equilibrium and Thermodynamic Studies. *Journal of Taibah University for Science*, 12(4), 371-381.
- Kadja, G. T., & Ilmi, M. M. (2019). Indonesia Natural Mineral for Heavy Metal Adsorption : A Review. *Journal of Environmental Science and Sustainable Development*, Volume 2, Issue 2, 139-164.

- Khairi, A. N., & Nurkhasanah. (2020). Bioactive Compound Content of Snake Fruit Peel, Aloe vera, and Stevia Extracts as Raw Material of Functional Drinks. *Journal of Agri-Food Science and Technology*, 1, 34-40.
- Koh, P. C., Leong, C. M., & Noranizan, M. A. (2014). Microwave-assisted extraction of pectin from jackfruit rinds using different power levels. . *International Food Research Journal*, 21(5), 2091-2097.
- 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(1).
- Kurniasari, L. (2010). Pemanfaatan Mikroorganisme dan Limbah Pertanian Sebagai Bahan Baku Biosorben Logam Berat. *Jurnal Momentum UNWAHAS*, 6(2), 5-8.
- Kurniasari, L., Hartati, I., & Satik, N. (2014). Aplikasi Low Methoxyl Pectin (LMP) Kulit Pisang sebagai Biosorben Logam Kadmium. *Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi*, (pp. 239-244). Yogyakarta.
- Liu, J., McCauley, L., & Pinto-Martin, J. A. (2012). Low Blood Lead Levels and Hemoglobin Concentration in Preschool Children in China. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 94(2), 423-426.
- Mangallo, B., Susilowati, & Wati, S. I. (2014). Efektivitas Arang Aktif Kulit Salak pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas. *Journal Chemistry Progress*, 7(2), 58-65.
- Marlinawati, Bohari, Y., & Alimuddin. (2016). Pemanfaatan Arang Aktif dari Kulit Durian (*Durio zibethinus* L.) sebagai Adsorben Ion Logam Kadmium (II). *Jurnal Kimia Mulawarman*, 13(1), 23-27.
- Massimi, L., Giuliano, A., & Canepari, S. (2018). Efficiency Evaluation of Food Waste Materials for the Removal of Metals and Metalloids from Complex Multi-Element Solution. *Materials (Basel)*, 11(3), 334.
- Maulana, R. (2021). *Adsorpsi Tetrasiklin Hidroklorida Menggunakan Arang Aktif Kulit Pisang Kepok*. Tasikmalaya: PROGRAM STUDI S-1 FARMASI SEKOLAH TINGGI ILMU KESEHATAN BAKTI TUNAS .
- Muhtadi, & Utami, N. (2019). Standardization of Durian Fruit Peels (*Durio zibethinus* Murr.) Extract and Antioxidant Activity Using DPPH Method. *Pharma Ciana*, 9(2), 271-282.
- Nurhasni, Saniyyah, N., & Hendrawati. (2010). Penyerapan Ion Cd dan Cr dalam Air Limbah Menggunakan Sekam Padi. *Jurnal Kimia Valensi, Volume 1, No. 6, 1*, 310-318.
- Nurhayati, I., Sugito, & Ayu, P. (2018). Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Dengan Adsorpsidan Pretreatment Netralisasi dan Koagulasi. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 10(2).

- Panda, H., Tiadi, N., Mohanty, M., & Mohanty, C. (2017). Studies on Adsorption Behavior of an Industrial Waste for Removal of Chromium from Aqueous Solution. *South African Journal of Chemical Engineering*, 23, 132-138.
- Penjumrasa, P., Rahman, R., Talib, R. A., & Abdand, K. (2014). Extraction and Characterization of Cellulose from Durian Rind. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2, 237-243.
- Raihan, M., Taqwa, N., Hanifah, A. R., Lallo, S., Ismail, & Amir, M. N. (2019). Skrining Fitokimia Ekstrak Kulit Buah Nangka (*Artocarpus heterophyllus*) dan Aktivitas Antioksidannya terhadap ABTS. *Majalah Farmasi dan Farmakologi*, 23(3), 101-106.
- Raymond C Rowe, P. J. (2009). *Handbook of Pharmaceutical*. Pharmaceutical Press.
- Riyanto. (2002). *Validasi dan Verifikasi Metode Uji Sesuai Dengan ISO/IEC 17025 Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi*. Yogyakarta: Deepublish.
- Rowe, R. C., Sheskey, P. J., & Owen, S. C. (2009). *Handbook of Pharmaceutical Excipients*. Pharmaceutical Press.
- Said, N. I. (2010). Metode Penghilangan Logam Berat (As, Cd, Cr, Ag, Cu, Pb, Ni, dan Zn) dalam Air Limbah Industri. *Jurnal Air Indonesia*, 6(2), 136-148.
- Standar Nasional Indonesia. (2018). *SNI ISO/IEC 17025 Persyaratan Umum Kompetensi Laboratorium Pengujian dan Laboratorium Kalibrasi*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Sugiyono. (2014). *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Tangio, J. (2013). Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Dengan Menggunakan Biomassa Enceng Gondok (*Eichhorniacrassipes*). *Jurnal Entropi*, VIII.
- Tangio, J. S. (2013). Adsorpsi Logam Timbal (Pb) dengan Menggunakan Biomassa Enceng Gondok (*Eichhorniacrassipes*). *Jurnal Entropi*, VIII(1), 500-506.
- Tarigan, M., Kaban, I., & Hanun, F. (2012). Ekstraksi Pektin dari Kulit Buah Psang Kepok (*Musa paradisiaca*). *Jurnal Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara*.
- Torowati, & Galuh, B. S. (2014). *Penentuan Nilai Limit Deteksi dan Kuantitasi Alat Titrasi Potensiometer Untuk Analisis Uranium*. Serpong: Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir. Puspitek.
- Utami, A. R., & Wulandari, C. (2019). Verifikasi Metode Pengujian Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) dalam Air Limbah dengan Menggunakan Atomic Absorption Spectrophotometer. *Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya*. Malang.
- Widayanto, T., Yuliawati, T., & Susilo, A. (2017). *Adsorpsi Logam Berat (Pb) dari Limbah Cair dengan Adsorben Arang Bambu Aktif*. Surakarta: Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah .

