

Pemanfaatan Biosorben Cangkang Pensi sebagai Penyerap Logam Timbal (Pb)

Nadila Safitri¹, Romy Dwipa Yamesa Away², Trisna Kumala Sari³

¹²Program Studi Kimia, Universitas Negeri Padang
e-mail: nadila2552@gmail.com

Abstrak

Pencemaran lingkungan merupakan masalah serius yang memerlukan solusi efektif dan ramah lingkungan dalam kehidupan manusia. Pencemaran ini biasanya disebabkan oleh adanya limbah dari industri pabrik. Salah satu limbah yang banyak ditemukan dan berbahaya bagi lingkungan adalah limbah logam timbal (Pb). Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan cangkang pensi sebagai biosorben penyerap limbah logam Pb. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah adsorpsi sistem batch dengan melakukan beberapa variasi, yaitu variasi massa biosorben dan konsentrasi adsorbat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa massa biosorben optimum sebesar 0,05 gram dengan nilai kapasitas penyerapan 15,8 mg/g dan konsentrasi adsorbat optimum 50 ppm dengan nilai kapasitas penyerapan 16,5 mg/g. Cangkang pensi memiliki potensial yang besar untuk menghilangkan limbah logam Pb di dalam larutan.

Kata kunci: *Biosorben, Cangkang Pensi, Adsorpsi, Logam Timbal*

Abstract

Environmental pollution is a serious problem that requires effective and environmentally friendly solutions in human life. This pollution is usually caused by waste from industrial plants. One of the wastes that are commonly found and harmful to the environment is lead (Pb) metal waste. This study aims to utilize pensi shells as a biosorbent for absorbing Pb metal waste. The method used in this research is batch system adsorption by making several variations, namely variations in biosorbent mass and adsorbate concentration. The results showed that the optimum biosorbent mass was 0.05 grams with an absorption capacity value of 15.8 mg/g and the optimum adsorbate concentration was 50 ppm with an absorption capacity value of 16.5 mg/g. Pensi shells showed the highest potential to remove Pb metal waste in solution.

Keywords : *Biosorbent, Pensi Shell, Adsorption, Lead Metal*

PENDAHULUAN

Perkembangan industri terus meningkat seiring dengan bertambahnya kebutuhan manusia. Hal ini mampu memperkuat perekonomian dan terpenuhinya kebutuhan masyarakat, namun juga dapat menimbulkan pencemaran lingkungan akibat limbah industri. Menurut, Rahmi, (2017) limbah industri adalah sisa hasil industri yang memiliki kualitas buruk dan dapat mencemari lingkungan. Limbah ini bersifat racun bagi makhluk hidup yang terpapar. Ion logam berat merupakan salah satu limbah industri yang berbahaya. Logam tersebut dapat terakumulasi dalam rantai makanan karena sifatnya yang toksik dan tidak dapat terbiodegradasi. Sifat-sifat tersebut membuat logam berat sangat berbahaya untuk lingkungan. Keberadaan logam berat yang memiliki sifat beracun dalam tubuh dapat mengancam kesehatan manusia secara serius, bahkan dapat berakibat fatal (Sari *et al.*, 2023).

Logam timbal (Pb) merupakan salah satu logam berat yang banyak ditemukan dalam limbah industri. Timbal (Pb) adalah logam yang sangat mudah bereaksi dengan belerang dan merusak ikatannya dalam enzim. Akibatnya, timbal tergolong sebagai salah satu limbah paling beracun. Dalam air, timbal akan membentuk $Pb(OH)_2$ dan dapat terakumulasi dalam tubuh hewan dan manusia. Logam timbal yang terserap ke dalam tubuh akan mengakibatkan gangguan yang serius seperti, perkembangan otak menurun, pertumbuhan terganggu, dan bahkan kelumpuhan (Widayatno *et al.*, 2017).

Beberapa metode telah dilakukan untuk mengurangi limbah logam berat dari lingkungan, seperti adsorpsi, koagulasi dan flokulasi, oksidasi kimia, ekstraksi cair-cair dan membrane filtrasi. Diantara metode-metode tersebut, adsorpsi menjadi solusi efektif dalam industri karena memiliki beberapa keunggulan, yaitu lebih ekonomis, ramah lingkungan, tidak beracun, dan mampu menghilangkan bahan anorganik (Rahmi & Sajidah, 2017). Adsorpsi merupakan suatu proses pemisahan selektif dimana komponen khusus dari suatu fase fluida berpindah ke permukaan materi padat yang melakukan penyerapan. Umumnya, terjadi perpindahan massa fluida (bisa berupa cair atau gas) ke fase padat (Santoso, 2012). Adsorbat adalah zat yang diadsorpsi atau bahan yang mengalami adsorpsi, sedangkan adsorben adalah substansi yang melakukan adsorpsi (Rahmadani *et al.*, 2023).

Saat ini, teknik adsorpsi yang dikenal dengan biosorpsi sedang dikembangkan dengan memanfaatkan adsorben alami yang bersumber dari hewan dan tumbuhan (Zein *et al.*, 2010). Adsorben alami lebih dikenal dengan sebutan biosorben. Biosorben memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan adsorben yang lain, antara lain lebih efisien, mudah diperoleh, dan ramah lingkungan sehingga jumlah limbah organik dapat dikurangi (Zein *et al.*, 2015). Dalam penelitian ini, cangkang pensil digunakan sebagai bahan baku pembuatan biosorben. Cangkang pensil merupakan bahan yang baik untuk adsorben karena memiliki kemampuan adsorpsi yang tinggi. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa cangkang pensil efektif sebagai biosorben untuk logam berat seperti Cd (II) dan Cr (VI). Cangkang pensil memiliki kandungan oksida logam dan gugus fungsi seperti hidroksil, karboksil, karbonil, dan amina sehingga mampu berinteraksi dengan ion logam dan molekul zat warna (Zein *et al.*, 2010). Oleh

karena itu, studi penelitian ini meneliti efektivitas cangkang pensi sebagai biosorben limbah logam timbal dengan metode adsorpsi sistem batch.

METODE

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah cangkang pensi. Cangkang pensi diaktivasi dengan menggunakan HNO_3 kemudian dikontakkan ke limbah logam Pb dengan beberapa variasi, yaitu variasi massa biosorben, konsentrasi larutan timbal, dan waktu kontak.

Preparasi Biosorben dari Cangkang Pensi

Cangkang pensi dicuci dibersihkan dengan air mengalir, kemudian dikeringkan pada suhu kamar selama 4 hari. Cangkang pensi yang telah kering dihaluskan dengan lumpang dan alu kemudian disaring dengan ayakan 100 mesh. Serbuk cangkang pensi yang sudah halus diaktivasi dengan HNO_3 0,01 M. Pengaktifasian dilakukan dengan cara merendam 20 gram serbuk cangkang pensi dalam 80 mL HNO_3 0,01 M selama 3 jam, kemudian disaring dan dicuci dengan aquades sampai pH netral dan dikeringkan (Zein *et al.*, 2018).

Adsorpsi Limbah Logam Pb menggunakan Biosorben dari Cangkang Pensi

1. Variasi Massa Biosorben Cangkang Pensi

Sebanyak 0,05 gram; 0,1 gram; 0,15 gram; 0,20 gram; dan 0,25 gram serbuk cangkang pensi dimasukkan ke dalam 25 mL larutan Pb 30 ppm, lalu dishaker selama 1 jam dengan kecepatan 110 rpm. Setelah itu disaring dengan kertas saring dan filtratnya dianalisis dengan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) (Zein *et al.*, 2018).

2. Variasi Konsentrasi Larutan Pb

Larutan Pb konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, 50 ppm sebanyak 25 mL dikontakkan dengan massa optimum biosorben cangkang pensi yang dihasilkan pada variasi sebelumnya. Kemudian dishaker selama 1 jam dengan kecepatan 110 rpm. Setelah itu campuran disaring dengan kertas saring dan filtratnya dianalisis dengan AAS (Zein *et al.*, 2018).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi Biosorben Cangkang Pensi

Preparasi biosorben dari bahan alami adalah proses yang relatif mudah dan sederhana. Biosorben dapat diaplikasikan secara langsung tanpa perlu proses tambahan. Selain itu, biosorben juga dapat dimodifikasi untuk meningkatkan reaktivitas gugus fungsi yang ada di dalamnya dengan beberapa tahapan. Secara umum, sintesis biosorben melibatkan beberapa langkah pembuatan. Pembuatan biosorben diawali dengan mencuci material dasar menggunakan air. Pencucian ini berfungsi untuk membersihkan bahan baku dari kotoran, debu, dan partikel asing. Jenis air yang biasa digunakan untuk pencucian adalah air destilasi (aquades) (Isiuku, 2017).

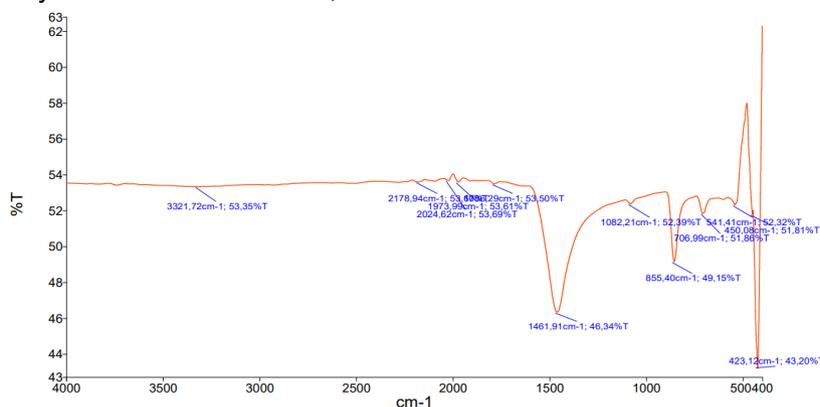
Langkah kedua proses pembuatan biosorben adalah pengeringan. Pengeringan ini dilakukan untuk mengurangi kadar air yang terdapat pada bahan baku biosorben. Kadar air yang tinggi dapat mengurangi luas permukaan efektif biosorben

dan menghalangi interaksi adsorbat ke permukaan biosorben (Zuhroh *et al.*, 2016). Bahan baku yang telah dikeringkan kemudian digiling, dihaluskan, dan diayak dengan ukuran partikel tertentu. Proses ini bertujuan untuk memperluas permukaan dari biosorben. Selanjutnya, biosorben diaktivasi menggunakan aktivator.

Zat aktivator yang sering digunakan untuk aktivasi secara kimia di antaranya HNO_3 (Zein *et al.*, 2015), HCl (Irawan, 2018), NaOH (Irawan *et al.*, 2016) dan KOH (Gao *et al.*, 2016). Aktivasi yang paling efektif yaitu menggunakan larutan asam karena telah terbukti dapat memperbesar daya penyerapan biosorben. Proses aktivasi membantu membuka pori-pori mikro dan meningkatkan luas permukaan biosorben, serta gugus aktif pada biosorben menjadi lebih reaktif untuk mengurangi limbah Pb. Hal ini penting karena area kontak yang lebih besar memungkinkan biosorben untuk menangkap lebih banyak zat pencemar seperti logam berat atau zat warna dari larutan (Purnamawati & Utami, 2014).

Karakterisasi Biosorben Cangkang Pensi

Biosorben cangkang pensi dikarakterisasi dengan menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan *X-ray fluorescence* (XRF). Karakterisasi biosorben cangkang pensi menggunakan FTIR dilakukan pada rentang bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} . Analisa spektra FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi pada biosorben cangkang pensi. Gambar 1 menunjukkan bahwa terdapat beberapa jenis gugus fungsi yang terkandung dalam biosorbent cangkang pensi. Biosorben cangkang pensi memiliki gugus O-H dengan bilangan gelombang 3321,72 cm^{-1} , gugus C=O (karbonil) pada 1786,29 cm^{-1} , dan gugus C \equiv C *alkyne* pada 2178,94 cm^{-1} . Puncak pada bilangan gelombang 1461 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus fungsi C=C *stretching* dan dan gugus C-O *stretching* terlihat pada frekuensi 1082 cm^{-1} , 855 cm^{-1} , dan 706 cm^{-1} yang merupakan puncak khas untuk CO_3^{2-} dari senyawa aragonite (CaCO_3) (Zein *et al.*, 2019). Tabel 1 menunjukkan hasil karakterisasi biosorben cangkang pensi dengan menggunakan XRF. Biosorben cangkang pensi memiliki kandungan senyawa CaO sebesar 97,813%.



Gambar 1. Hasil Karakterisasi FTIR Biosorben dari Cangkang Pensi

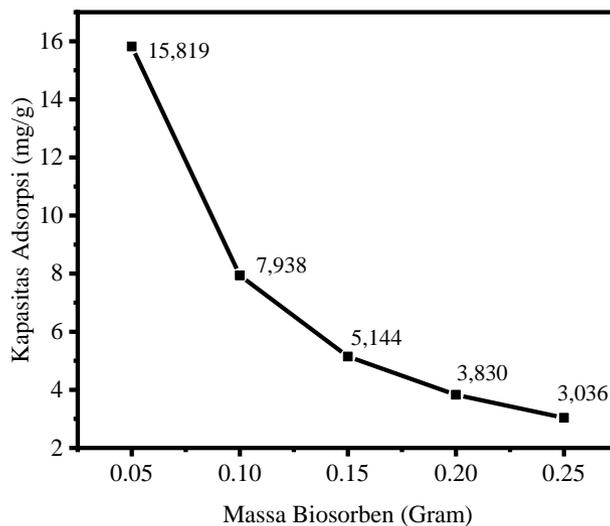
Tabel 1. Hasil Karakterisasi XRF Biosorben dari Cangkang Pensi

Unsur	Kadar (%)	Oksida Logam	Kadar (%)
Al	0.243	Al ₂ O ₃	0.395
P	0.442	P ₂ O ₅	0.859
Ca	98.293	CaO	97.813
Ti	0.004	TiO ₂	0.004
Fe	0.138	Fe ₂ O ₃	0.129
Cu	0.009	CuO	0.007
Zn	0.035	ZnO	0.028
Sr	0.191	SrO	0.147
Ag	0.651	Ag ₂ O	0.55
Cd	0	CdO	0
Ba	0.058	BaO	0.041

Adsorpsi Limbah Logam Pb menggunakan Biosorben dari Cangkang Pensi

1. Variasi Massa Biosorben Cangkang Pensi

Hasil Analisa pengaruh massa biosorben cangkang pensi terhadap kapasitas penyerapan limbah Pb dapat diamati pada Gambar 2.

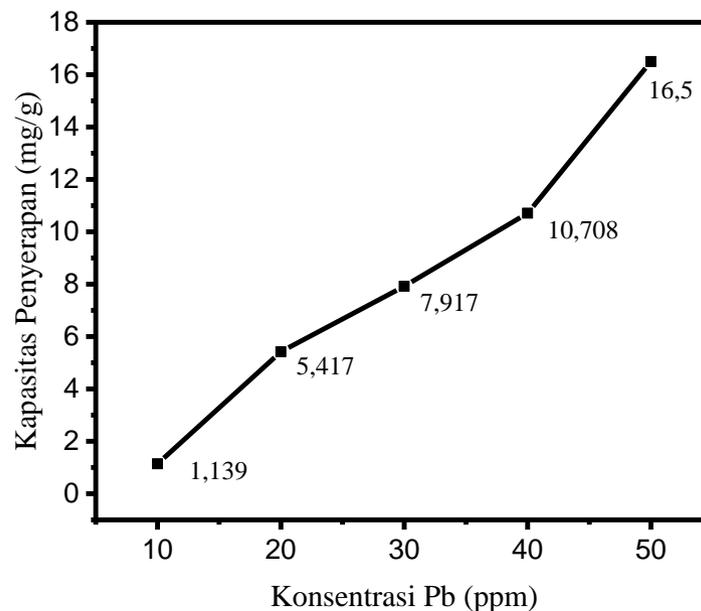


Gambar 2. Pengaruh massa biosorben terhadap kapasitas penyerapan limbah Pb

Berdasarkan Gambar 2, variasi massa biosorben menunjukkan bahwa kapasitas penyerapan limbah Pb menurun dengan bertambahnya massa biosorben cangkang pensi yang digunakan. Kapasitas penyerapan optimum tercapai pada massa 0,05 gr sebesar 15,819 mg/g. Semakin banyak massa biosorben maka luas permukaannya akan semakin besar sehingga memungkinkan penyerapan yang tinggi. Namun, setelah massa biosorben melebihi batas optimumnya akan terjadi penurunan kapasitas penyerapan. Hal ini disebabkan oleh permukaan aktif dalam jumlah besar memerlukan waktu yang lebih lama untuk mencapai keadaan setimbang (Purnamawati & Utami, 2014).

2. Variasi Konsentrasi Limbah Pb

Variasi konsentrasi adsorbat yang dilakukan yaitu 10, 20, 30, 40, dan 50 ppm dengan massa biosorben 0,05 gram selama 1 jam. Hasil analisa pengaruh konsentrasi adsorbat terhadap kapasitas penyerapan limbah Pb dapat diamati pada Gambar 3.



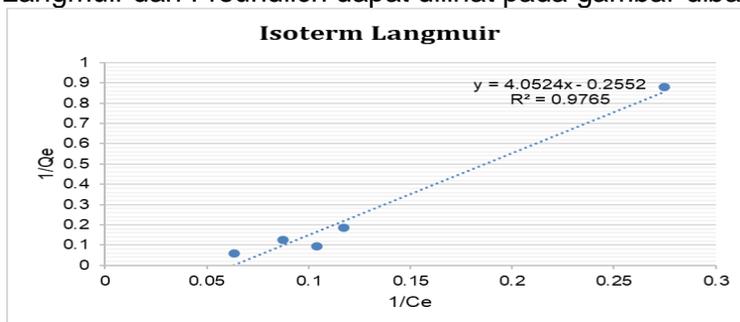
Gambar 3. Pengaruh Konsentrasi Pb terhadap Kapasitas Penyerapan Limbah Pb

Berdasarkan Gambar 3, kapasitas penyerapan limbah Pb meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi adsorbat yang digunakan. Semakin tinggi konsentrasi adsorbat maka kemampuan adsorpsi juga akan meningkat. Adsorpsi akan tetap jika terjadi kesetimbangan antara konsentrasi adsorbat yang diserap dengan konsentrasi adsorbat yang tersisa dalam larutan. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa biosorben cangkang pensi belum mencapai kesetimbangan sehingga biosorben

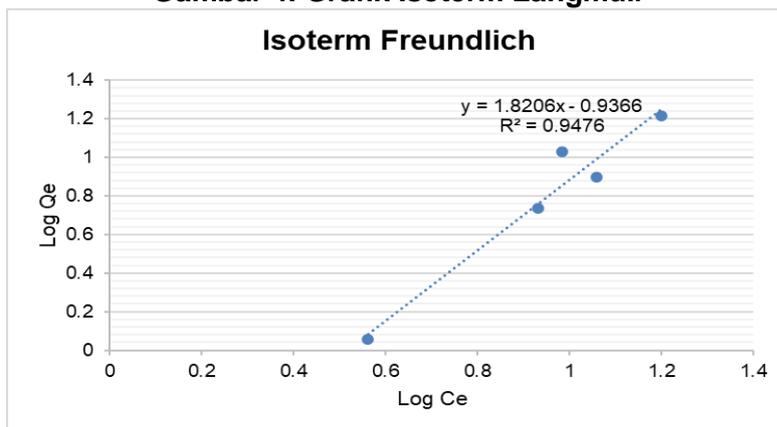
cangkang pensi masih mampu mengadsorpsi limbah logam Pb diatas 50 ppm (Irawan, 2018).

Isoterm Adsorpsi

Model adsorpsi yang pada umumnya digunakan untuk menentukan kesetimbangan adsorpsi adalah isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich. Nilai persamaan isoterm adsorpsi didapatkan dari hasil penelitian dengan menggunakan variasi konsentrasi adsorbat yaitu 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, dan 50 ppm. Grafik isoterm Langmuir dan Freundlich dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 4. Grafik Isoterm Langmuir



Gambar 5. Grafik Isoterm Langmuir

Berdasarkan grafik isoterm Langmuir diperoleh nilai R^2 yaitu 0,9765 dan isoterm Freundlich diperoleh nilai R^2 yaitu 0,9476. Berdasarkan nilai koefisien korelasi (R^2) dimana nilai R^2 isoterm Langmuir yang mendekati 1 lebih besar daripada R^2 isoterm Freundlich. Oleh karena itu, nilai R^2 untuk isoterm Langmuir lebih sesuai untuk penelitian ini. Isoterm Langmuir menunjukkan bahwa proses adsorpsi secara kimia (Purnamawati & Utami, 2014). Menurut isoterm adsorpsi Langmuir setiap situs aktif memiliki kemampuan untuk mengadsorpsi satu molekul adsorbat dan adsorpsi bersifat homogen, sehingga kapasitas adsorpsi maksimum terjadi ketika hanya ada satu lapisan (monolayer) adsorbat di permukaan adsorben (Ujile, 2015).

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa kapasitas penyerapan limbah logam Pb oleh biosorben dari cangkang pensi optimum diperoleh pada massa biosorben 0,05 gram dengan nilai kapasitas penyerapan 15,8 mg/g dan konsentrasi limbah Pb 50 ppm dengan nilai kapasitas penyerapan 16,5 mg/g. Nilai regresi (R^2) isoterm Langmuir yaitu 0,9765 lebih besar daripada nilai isoterm Freundlich yaitu 0,9476.

DAFTAR PUSTAKA

- Gao, Y., Xu, S., Yue, Q., Wu, Y., & Gao, B. (2016). Chemical preparation of crab shell-based activated carbon with superior adsorption performance for dye removal from wastewater. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 61, 327–335. <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2015.12.023>
- Irawan, A., Rahmayetty, R., Sari, N. K., & Utami, S. (2016). Pengaruh Aktivator Kimia Pada Performasi Bioadsorben Dari Karbon Tempurung Kelapa Sebagai Penjernih Air Sumur. *Teknika: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 12(1), 103. <https://doi.org/10.36055/tjst.v12i1.6620>
- Irawan, C. (2018). Pengaruh Konsentrasi Adsorbat Terhadap Efektivitas Penurunan Logam Fe dengan Menggunakan Fly Ash sebagai Adsorben. *Seminastika*, 1(1), 291–293.
- Isiuku, B. O. (2017). Batch Removal of Metanil Yellow (MY) from Aqueous Solution by Adsorption on HNO₃-Treated-H₃PO₄- Activated Carbon (NATPAAC) from Gmelina aborea (G. aborea) Bark: Kinetic and Mechanism Studies. *World News of Natural Sciences*, 13(October 2019), 10–26.
- Purnamawati, H., & Utami, B. (2014). Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Kakao (Theobroma cocoa. L) sebagai Adsorben Zat Warna Rhodamin B. *Prosiding Seminar Nasional Fisika Dan Pendidikan Fisika (SNFPF) Ke-5*, 5, 5.
- Rahmadani, S., Putra, R. Z., Sari, T. K., & Away, R. D. Y. (2023). Utilization of Nephelium lappaceum (Rambutan) waste as biosorbent for heavy metals and dyes: a review. *Journal of Natural Sciences and Mathematics Research*, 9(2), 77–90. <https://doi.org/10.21580/jnsmr.2023.9.2.16929>
- Rahmi, R., & Sajidah. (2017). Pemanfaatan Adsorben Alami (Biosorben) Untuk Mengurangi Kadar Timbal(Pb) dalam Limbah Cair. *Prosiding Seminar Nasional Biotik*, 271–279.
- Sari, T. K., Fithriana, E., Dewata, I., Kurniawati, D., & Away, R. D. Y. (2023). The Extracted Pectin from Ambarella Fruit Peel (Spondias dulcis) as Biosorbent in Adsorption of Cu(II) Metal Ions. *Jurnal Riset Kimia*, 14(2), 188–197. <https://doi.org/10.25077/jrk.v14i2.608>
- Ujile, A. A. (2015). *Adsorption* (Issue June 2014).
- Widayatno, T., Yuliawati, T., Susilo, A. A., Studi, P., Kimia, T., Teknik, F., & Muhammadiyah, U. (2017). Adsorpsi Logam Berat (Pb) dari Limbah Cair dengan Adsorben Arang Bambu Aktif. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 1(1), 17–23.

- Zein, R., Astuti, A. W., Wahyuni, D., Firda Furqani, K., & Munaf, E. (2015). Removal of methyl red from aqueous solution by *Nephelium lappaceum*. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 6(3), 86–97.
- Zein, R., Ramadhani, P., Aziz, H., & Suhaili, R. (2019). Biosorben cangkang pensi (*Corbicula moltkiana*) sebagai penyerap zat warna metanil yellow ditinjau dari pH dan model kesetimbangan adsorpsi. *Jurnal Litbang Industri*, 9(2), 15–22. <https://doi.org/10.24960/jli.v8i2.4661.15-22>
- Zein, R., Suhaili, R., Earnestly, F., Indrawati, & Munaf, E. (2010). Removal of Pb(II), Cd(II) and Co(II) from aqueous solution using *Garcinia mangostana* L. fruit shell. *Journal of Hazardous Materials*, 181(1–3), 52–56. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.04.076>
- Zein, R., Syukri, S., Muhammad, M., Pratiwi, I., & Yutaro, D. R. (2018). The ability of Pensi (*Corbicula moltkiana*) shell to adsorb Cd(II) and Cr(VI) ions. *AIP Conference Proceedings*, 2023(li). <https://doi.org/10.1063/1.5064096>
- Zuhroh, N., Prasetya, A., & Haryani, S. (2016). Adsorpsi Krom(Vi) Oleh Arang Aktif Serabut Kelapa Serta Imobilisasinya Pada Batako. *Jurnal MIPA*, 39(1), 57–62. <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/JM>