

Pengaruh Dosis Dan Waktu Kontak Terhadap Efisiensi Adsorpsi Ion Logam Fe(III) Menggunakan Biosorben Biji Durian (*Durio zibethinus*) Teraktivasi NaOH

Dina Endang Ristanti¹, Hasrul Anwar^{1*}, Rizka Mayasari¹, Siti Nurul Khotimah¹

¹ Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Indonesia

*Corresponding Author: hasrul.anwar@eng.unila.ac.id

Abstrak

Pencemaran logam berat pada badan air, khususnya ion Fe(III), merupakan masalah lingkungan dan kesehatan masyarakat yang serius. Ion logam ini bersifat toksik pada konsentrasi tinggi, dapat mengganggu keseimbangan ekosistem perairan, dan berbahaya bagi kesehatan jika terakumulasi. Oleh karena itu, diperlukan teknologi pengolahan air yang efisien, ekonomis, dan ramah lingkungan. Salah satu teknologi alternatif yang saat ini tengah dikembangkan adalah pemanfaatan bahan alam sebagai biosorben. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh dosis dan waktu kontak pada efisiensi adsorpsi ion logam Fe(III) menggunakan biosorben yang berasal dari biji durian (*Durio zibethinus*) yang diaktivasi dengan larutan NaOH. Aktivasi kimia dengan NaOH telah terbukti meningkatkan luas permukaan, jumlah pori, dan jumlah gugus fungsi aktif dari biosorben. Pengaruh waktu kontak dan massa biosorben yang ditambahkan terhadap efisiensi adsorpsi juga dianalisis dalam penelitian ini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan waktu kontak optimum 40 menit pada pH 5, proses adsorpsi dengan dosis 1 g memberikan efisiensi 99,65%. Ketika dosis ditingkatkan, efisiensi adsorpsi menurun secara signifikan karena agregasi partikel. Dengan demikian, penelitian ini menunjukkan bahwa biji durian yang diaktivasi NaOH memiliki potensi besar sebagai biosorben alami dalam proses pemurnian air yang terkontaminasi ion logam Fe(III). Penemuan ini tidak hanya menawarkan solusi yang ramah lingkungan dan hemat biaya tetapi juga membuka peluang untuk pengolahan limbah pertanian menjadi produk bernilai tinggi.

Kata Kunci: adsorpsi, Fe(III), biji durian, NaOH, biosorben

PENDAHULUAN

Logam berat merupakan unsur yang terdapat secara alami di lingkungan. Keberadaan logam berat dalam air limbah telah menjadi masalah lingkungan yang signifikan, karena menimbulkan risiko serius terhadap ekosistem dan kesehatan manusia (Carolin et al., 2017). Logam berat dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan toksisitasnya, yaitu logam berat esensial dan nonesensial. Logam berat esensial relatif tidak berbahaya pada konsentrasi rendah seperti Zinc (Zn), Tembaga (Cu), Besi (Fe), dan Kobalt (Co). Sedangkan logam nonesensial sangat beracun bahkan pada konsentrasi rendah seperti Cadmium (Cd), Merkuri (Hg), Timbal (Pb), Arsenik (As), dan Kromium (Cr) (Kim et al., 2019). Salah satu logam berat yang sering ditemukan dalam sumber air adalah besi (Fe). Endapan Fe dalam sistem distribusi dapat mendorong pertumbuhan mikroorganisme, sehingga konsentrasi mikroorganisme meningkat di dalam air. Fe biasanya ditemukan pada cadangan air tanah yang digunakan sebagai sumber air baku untuk penyediaan air bersih (Jannah et al., 2021). Adanya besi terlarut dalam air dapat menyebabkan air tampak kuning kecoklatan, memiliki bau amis, dan membentuk lapisan mirip minyak di permukaannya (Purwaningsih et al., 2019). Besi dalam bentuk terlarut ada sebagai ion ferro (Fe^{2+}) atau ion ferri (Fe^{3+}) dan kelarutannya sangat dipengaruhi oleh nilai pH air (Sreeremya, 2017). Kandungan Fe mengakibatkan masalah kesehatan, seperti gangguan pada usus dan menyebabkan mual apabila dikonsumsi. Selain itu, keracunan besi dapat meningkatkan

permeabilitas dinding pembuluh darah kapiler, sehingga plasma darah bocor keluar dan menyebabkan penurunan volume darah (Azzahra & Taufik, 2020).

Metode konvensional fisika dan kimia yang telah digunakan untuk menghilangkan sejumlah besar logam berat meliputi presipitasi kimia, adsorpsi, flotasi ion, pertukaran ion, koagulasi/flokulasi, dan proses elektrokimia. Diantara berbagai metode, metode adsorpsi menggunakan adsorben berbiaya rendah telah terbukti efektif dan lebih ekonomis, bahkan untuk konsentrasi logam berat yang lebih rendah (Shrestha et al., 2021). Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Ariyanto et al. (2025) menunjukkan bahwa percobaan adsorpsi dapat digunakan untuk mengevaluasi efektivitas suatu adsorben, sebagaimana ditunjukkan pada penggunaan zeolit alami untuk ion magnesium (Mg^{2+}).

Karbon aktif merupakan salah satu adsorben yang paling umum digunakan untuk menghilangkan zat warna dan kontaminan pada air limbah. Akan tetapi, keterbatasan utama penggunaan karbon aktif dalam pengolahan air limbah adalah biaya untuk aktivasi, fungsionalitas, dan pencapaian porositas tinggi yang dibutuhkan. Oleh karena itu, bahan alternatif seperti adsorben alami mulai digunakan sebagai solusi yang lebih ramah lingkungan, ekonomis, dan efektif (Nur et al., 2022). Adsorben bioaktif yang terbuat dari limbah buah kini telah menunjukkan potensi yang signifikan dan terbukti efektif dalam menghilangkan kontaminan dari air limbah seperti logam berat. Beberapa jenis limbah buah, seperti pisang, jeruk, semangka, delima, stroberi, nanas, alpukat, nangka, mangga, durian, kelapa, kurma, dan ceri, merupakan limbah biomassa yang dapat digunakan sebagai adsorben (Nadeem et al., 2021). Biji durian memiliki keunggulan sebagai adsorben alami karena memiliki struktur pori yang besar dan permukaan yang luas, sehingga dapat menangkap berbagai macam zat dengan efisien. Biji durian sering digunakan dalam pengolahan limbah dan pemurnian air karena kemampuannya untuk menyerap dan menahan kontaminan (Adunphatcharaphon et al., 2020). Biji durian mengandung holoselulosa sebesar 26,4%, selulosa 60,5%, hemiselulosa 13,1%, dan lignin 4,3%. Karakteristik ini menjadikan biji durian sebagai bahan yang potensial untuk digunakan sebagai biosorben ion logam berat (Ahmad et al., 2014). Berbagai penelitian telah dilakukan mengenai adsorpsi logam berat menggunakan berbagai jenis biosorben dan metode aktivasi, termasuk penggunaan aktivator kimia seperti NaOH. Penelitian biosorben dengan aktivasi NaOH telah menunjukkan hasil yang signifikan dalam meningkatkan efisiensi adsorpsi ion logam Fe(III). Shrestha et al., (2021) melakukan penelitian menggunakan sekam padi, menghasilkan efisiensi adsorpsi maksimum sebesar 99,4% pada pH optimum 3 dan waktu kontak 60 menit. Sementara itu, Hutapea et al., (2019) menemukan efisiensi adsorpsi yang tinggi menggunakan limbah kulit temberungun setelah aktivasi NaOH. Hasil penelitian ini menunjukkan potensi besar aktivasi NaOH untuk meningkatkan efisiensi adsorpsi logam Fe pada berbagai jenis biosorben. Hingga saat ini pemanfaatan biosorben dari biji durian (*Durio zibethinus*) untuk adsorpsi ion logam Fe(III) masih jarang dilakukan penelitian. Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa aktivasi dengan NaOH dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi berbagai biosorben, sehingga proses adsorpsi ion logam Fe(III) menjadi lebih efisien. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi ion logam Fe(III) sebelum dan sesudah dilakukan adsorpsi menggunakan biosorben biji durian teraktivasi NaOH dengan alat *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS).

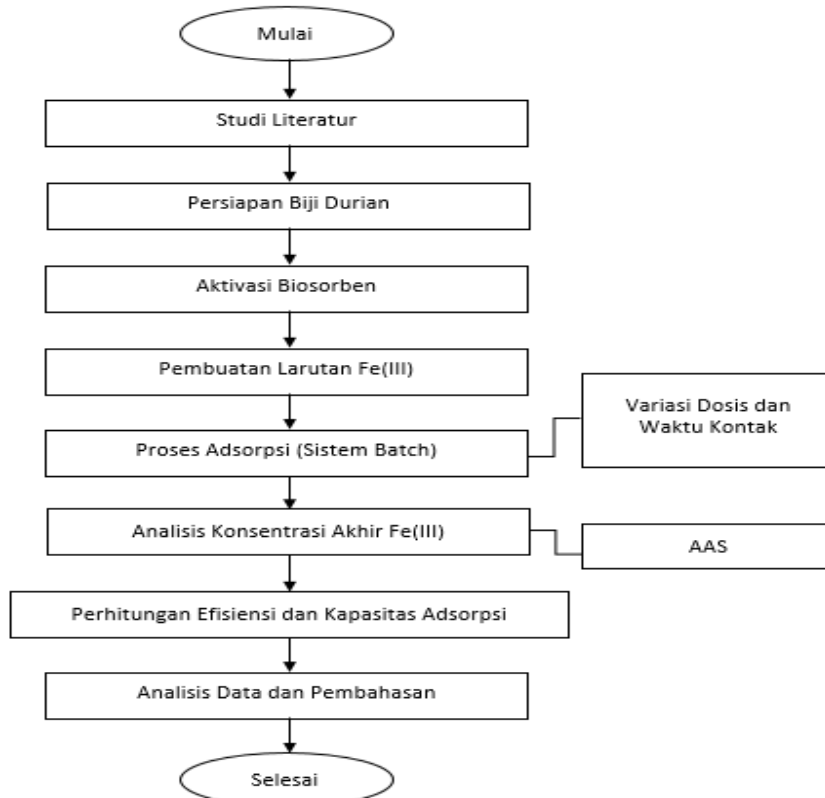
METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan adalah eksperimental laboratorium dengan pendekatan kuantitatif. Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi peralatan untuk pengeringan bahan baku yaitu oven listrik, timbangan digital elektrik, blender, ayakan 100 mesh, rangkaian alat *hotplate stirrer*, biji durian, NaOH, HCl 37%, Ferric chloride hexahydrate ($FeCl_3 \cdot 6H_2O$) kristal, dan aquades.

Biji durian dibersihkan dari kotoran secara menyeluruh, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C. Biji durian yang telah kering kemudian digiling menjadi bubuk halus menggunakan blender. Aktivasi dilakukan menggunakan larutan NaOH 0,1 M pada *hotplate stirrer* dengan suhu 50°C,

kecepatan 500 rpm selama 3 jam, diikuti dengan pencucian dengan air suling hingga pH netral, dan akhirnya dikeringkan. Biji tersebut kemudian diayak melalui saringan 100 mesh untuk mendapatkan ukuran partikel yang seragam.

Proses adsorpsi ion logam Fe(III) dilakukan secara batch pada pH 5, dengan memvariasikan dua parameter utama yaitu massa biosorben yang ditambahkan dan waktu kontak. Dosis biosorben yang digunakan adalah 1, 2, 3, 4, 5 gram. Waktu kontak adalah 10, 20, 30, 40, 50 dan 60 menit. Seluruh proses adsorpsi dilakukan dalam gelas kimia 100 mL. Setelah proses adsorpsi selesai, larutan disaring, dan konsentrasi ion logam Fe(III) dalam larutan dianalisis menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) untuk mengukur efisiensi penyerapan biosorben.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Efisiensi Adsorpsi Ion Logam Fe(III)

Pengukuran efisiensi adsorpsi ion logam Fe(III) menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$Efisiensi\ adsorpsi = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

C_0 = konsentrasi awal (mg/L)

C = konsentrasi akhir (mg/L)

Kapasitas Adsorpsi

Perhitungan kapasitas adsorpsi (q_e) biji durian yang telah diaktivasi NaOH. Digunakan pengukuran sebagai berikut:

$$q_e = \frac{C_i - C_e}{m} \times V \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

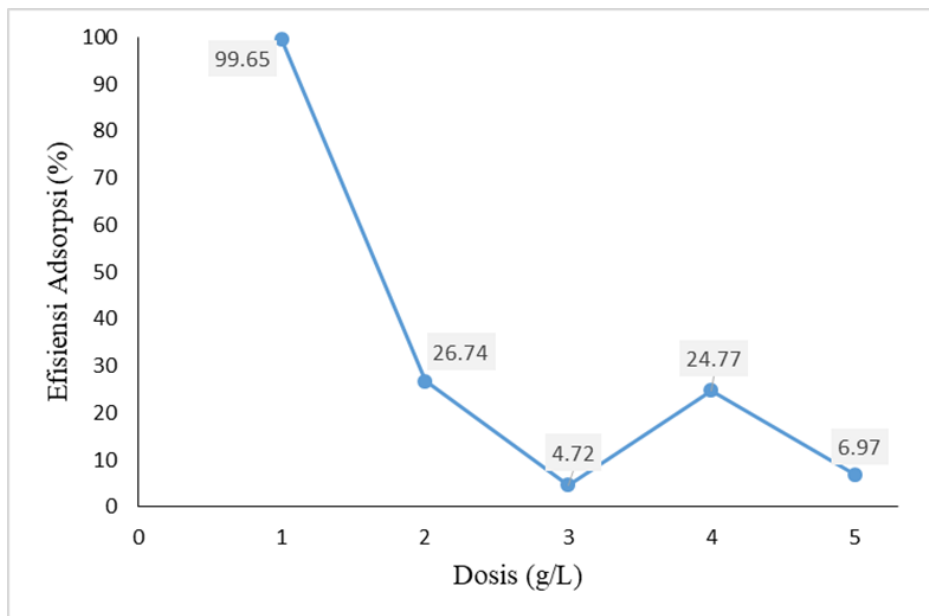
q_e = Fe yang teradsorpsi oleh adsorben (mg/g)

C_i = Konsentrasi awal Fe (mg/L)
 C_e = Konsentrasi akhir Fe (mg/L)
 m = massa biosorben (g)
 V = Volume larutan yang diadsorpsi (L)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Dosis Terhadap Adsorpsi Ion Fe(III)

Dosis optimum ditentukan berdasarkan waktu kontak optimum yaitu 40 menit, nilai waktu kontak didapatkan dari hasil pada langkah sebelumnya. Pada langkah ini, massa biosorben divariasikan untuk menentukan dosis yang paling efektif untuk menyerap ion logam Fe(III). Jumlah dosis yang digunakan yaitu dari 1, 2, 3, 4, dan 5 gram, masing-masing diuji pada pH 5. Pengujian dilakukan dengan mengukur konsentrasi Fe(III) sesudah proses adsorpsi untuk menentukan efisiensi penyerapan pada setiap dosis.



Gambar 2. Pengaruh Dosis Biosorben Terhadap Efisiensi Adsorpsi Ion Logam

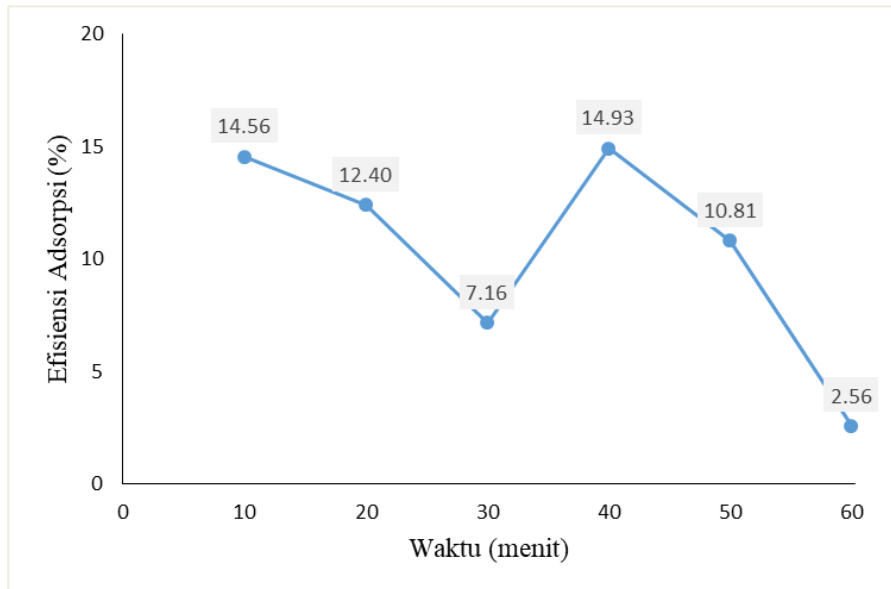
Berdasarkan grafik di atas, dapat dilihat bahwa proses adsorpsi ion logam Fe(III) bervariasi sesuai dengan variasi dosis biosorben yang digunakan, yaitu 1 g, 2 g, 3 g, 4 g, dan 5 g. Pada pH 5, proses adsorpsi dengan dosis 1 g memberikan efisiensi 99,65 %.

Hal seperti ini tergolong jarang terjadi, karena peningkatan massa biosorben akan meningkatkan efisiensi adsorpsi ion logam Fe (Anggriawan et al., 2015). Namun, hal ini juga terjadi pada penelitian lain. Seperti pada penelitian oleh Cahyaning Wulandari et al. (2023) menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi optimum tercapai ketika massa biosorben 0,1 g yaitu 9,47 mg/g. Akan tetapi, ketika massa biosorben meningkat menjadi 0,5 g kapasitas adsorpsi menurun menjadi 1,875 mg/g dan pada dosis berikutnya semakin menunjukkan tren penurunan..

Peningkatan massa biosorben tidak serta merta meningkatkan kapasitas adsorpsi, tetapi justru menunjukkan kecenderungan menurun setelah ditingkatkannya massa biosorben. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh adanya agregasi antara partikel biosorben dengan massa yang besar, sehingga mengurangi luas permukaan aktif dan menghambat difusi ion logam ke situs aktif (Anwar et al., 2022).

Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Adsorpsi Ion Fe(III)

Pengujian waktu kontak bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu kontak biosorben biji durian teraktivasi NaOH dengan larutan ion logam Fe(III) terhadap efisiensi adsorpsi. Waktu kontak memengaruhi jumlah adsorbat yang teradsorpsi. Pada pengujian ini, waktu kontak divariasikan (10, 20, 30, 40, 50, dan 60 menit) dengan nilai pH didasarkan pada kondisi pH 5. Penentuan waktu optimum dilakukan dengan memplotkan grafik antara efisiensi adsorpsi (sumbu y) dan waktu kontak (sumbu x).



Gambar 3. Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Efisiensi Adsorpsi Ion Logam

Proses adsorpsi optimum terjadi pada waktu kontak 40 menit dengan kapasitas adsorpsi 18,67 mg/g dan efisiensi 14,93%. Hal ini terjadi karena sistem mencapai kesetimbangan, sebagian besar situs aktif menjadi jenuh, dan interaksi aktif berkurang (Ismadji et al., 2021). Desorpsi ion logam dari permukaan biosorben bahkan dapat terjadi.

Fenomena serupa diamati dalam sebuah penelitian oleh Manivannan dkk. (2015). Melaporkan bahwa efisiensi adsorpsi Fe(III) oleh nanokarbon Hibiscus sabdariffa mencapai puncaknya setelah 40 menit dan kemudian cenderung stabil atau sedikit menurun. Peningkatan atau penurunan efisiensi penyerapan ion logam besi disebabkan oleh permukaan biosorben yang jenuh terhadap adsorbat. Lemahnya ikatan antara biosorben dan adsorbat menunjukkan bahwa interaksi fisik (fisisorpsi) mendominasi (Busyairi et al., 2019).

KESIMPULAN

Parameter dosis dan waktu kontak mempengaruhi adsorpsi ion logam Fe(III). Semakin lama waktu kontak, proses adsorpsi juga meningkat sampai pada kondisi optimum yaitu 40 menit. Setelah itu, laju adsorpsi menurun dan menjadi tidak stabil. Massa biosorben juga mempengaruhi proses adsorpsi. Dosis optimum dicapai dengan massa 1 gram biosorben, tetapi laju adsorpsi menurun dengan bertambahnya massa biosorben. Perubahan dosis dan waktu kontak biosorben berpengaruh signifikan terhadap efisiensi adsorpsi. Dosis Optimum didapatkan pada dosis 1 gram, kapasitas Adsorpsi mencapai 24,91 mg/g dengan efisiensi adsorpsi 99,65%. Waktu kontak optimum terjadi pada waktu 40 menit dengan kapasitas adsorpsi 18,67 mg/g dan efisiensi adsorpsi 14,93 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Adunphatcharaphon, S., Petchkongkaew, A., Donato, G., & Vito, A. (2020). The Effectiveness of Durian Peel as a Multi-Mycotoxin Adsorbent.
- Ahmad, M. A., Ahmad, N., & Bello, O. S. (2014). *Adsorptive Removal of Malachite Green Dye Using Durian Seed-Based Activated Carbon* (p. 225:2057).
- Anggriawan, A., Saputra, E., & Olivia, M. (2015). Removal of Fe and Mn metal levels in peat water by utilizing geopolymer from kaolin as an adsorbent. (*Indonesian Edition*) *Jom FTEKNIK*, 2(1), 1–6.
- Anwar, N. A. F., Meicahayanti, I., & Rahayu, D. E. (2022). Pengaruh Variasi Waktu Kontak Dan Massa Adsorben Kulit Jeruk Siam (*Citrus Nobilis*) Terhadap Penyisihan Kadmium (Cd) Dan Merkuri (Hg). *Jurnal Teknologi Lingkungan UNMUL*, 6(1), 35. <https://doi.org/10.30872/jtlunmul.v6i1.7409>
- Ariyanto, E., Okdiansyah, A., Robiah, R., Yusmartini, E. S., & Abadi, S. (2025). Removal of Magnesium Ion from Aqueous Solution by Natural Zeolite as Adsorbent: Kinetic, Equilibrium, Mechanism and Thermodynamic. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 128(2), 14–32. <https://doi.org/10.37934/arfmts.128.2.1432>
- Azzahra, R. F., & Taufik, M. (2020). Bio-adsorben Berbahan Dasar Limbah Ampas Teh (*Camellia Sinensis*) sebagai Agent Penyerap Logam Berat Fe dan Pb pada Air Sungai. In *Jurnal Kinetika* (Vol. 11, Issue 01, pp. 65–70). <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/index65>
- Busyairi, M., Firlina, F., Sarwono, E., & Saryadi, S. (2019). Pemanfaatan Serbuk Kayu Meranti Menjadi Karbon Aktif Untuk Penurunan Kadar Besi (Fe), Mangan (Mn) Dan Kondisi Ph Pada Air Asam Tambang. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 11(2), 87–101. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol11.iss2.art1>
- Cahyaning Wulandari, N., Widwiasuti, H., Yudhistia Asworo, R., Studi, P. D., Farmasi dan Makanan, A., & Kesehatan Kemenkes Malang Jalan Besar, P. (2023). Pengaruh Massa Biosorben Kulit Batang Kayu Jawa (*Lannea coromandelica*) terhadap Kapasitas
- Carolin, C. F., Kumar, P. S., Saravanan, A., Joshiba, G. J., & Naushad, M. (2017). Efficient techniques for the removal of toxic heavy metals from aquatic environment: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5(3), 2782–2799. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2017.05.029>
- Hutapea, T., Paramitha, A., & Rachmawani, D. (2019). *Limbah Cangkang Kerang Temberungun (*Telescopium telescopium*) Sebagai Adsorben Logam Berat Besi (Fe²⁺)*. 3(2), 115–122.
- Ismadji, Suryadi, Soetaredjo, Felycia, E., Santoso, Shella, P., Putro, Jindrayani, N., Yuliana, Maria, Irawaty, Wenny, Hartono, Sandy, B., Lunardi, & Valentino, B. (2021). Adsorpsi pada fase cair: Kesetimbangan, kinetika, dan termodinamika. <https://repositori.ukwms.ac.id/id/eprint/25664>
- Jannah, M., Mulyati, S., Rosnelly, C. M., & Muchtar, S. (2021). The influences of operating conditions on the removal of Fe(II) in water by adsorption using bentonite as a low-cost adsorbent. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1087(1), 012055. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1087/1/012055>

- Kim, J. J., Kim, Y. S., & Kumar, V. (2019). Heavy metal toxicity: An update of chelating therapeutic strategies. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 54(March), 226–231. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2019.05.003>
- Manivannan, P., Arivoli, S., & Mohammed, S.R. (2015). Adsorption Studies on Chromium (VI) removal from Aqueous Solution using Activated Hibiscus sabdariffa Stem Nano Carbon.
- Nadeem, S., Jai, K., Shaukat, M., Shoaib, A., Noor, F., & Nabisab, M. (2021). *Development of fruit waste derived bio-adsorbents for wastewater*
- Nur, J., Larbi, H., Ahmed, A., Ali, J., Zeid, Alo., & Zaher, Y. (2022). *Modeling and optimization of the adsorptive removal of crystal violet dye by durian (Durio zibethinus) seeds powder: insight into kinetic, isotherm, thermodynamic, and adsorption mechanism* (pp. 12441–12454).
- Shrestha, R., Ban, S., Devkota, S., Sharma, S., Joshi, R., Tiwari, A. P., Kim, H. Y., & Joshi, M. K. (2021). Technological trends in heavy metals removal from industrial wastewater: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(4), 105688. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105688>
- Sreeremya, S. (2017). Adsorption-Review. *International Journal of Advance Research and Development*, 2, 15–18.