

## Perbandingan Efektivitas Adsorpsi Ion Logam Timbal (Pb) Menggunakan Biji Buah Durian Teraktivasi NaOH Dan HCl

Hasrul Anwar<sup>1\*</sup>, Devi Kurnia Sari<sup>1</sup>, Miftahul Djana<sup>1</sup>, Dina Endang Ristanti<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Indonesia

\*Corresponding author: [hasrul.anwar@eng.unila.ac.id](mailto:hasrul.anwar@eng.unila.ac.id)

### Abstrak

Pencemaran logam berat seperti timbal (Pb) dalam air merupakan permasalahan lingkungan yang serius karena sifatnya yang toksik, persisten, dan bioakumulatif. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas adsorpsi ion  $Pb^{2+}$  menggunakan adsorben dari biji buah durian (*Durio zibethinus*) yang telah diaktivasi secara kimia dengan larutan NaOH dan HCl. Adsorben dipreparasi melalui proses karbonisasi dan aktivasi kimia, kemudian dikarakterisasi menggunakan Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) dan Scanning Electron Microscope (SEM) untuk mengetahui gugus fungsional serta morfologi permukaan. Proses adsorpsi dilakukan dalam larutan  $Pb^{2+}$  dengan variasi pH, waktu kontak, dan konsentrasi awal logam. Hasil penelitian yang didapatkan adalah adsorben yang telah diaktivasi dengan efisiensi maksimum pada pH 5 dan waktu kontak 60 menit menunjukkan bahwa penyerapan ion logam Pb sebesar 57,97% dengan aktivasi NaOH, sedangkan dengan aktivasi HCl 0,01 M sebesar 28,34%. Hasil ini menunjukkan bahwa biji durian teraktivasi NaOH memiliki potensi sebagai adsorben alternatif yang efektif dan ramah lingkungan untuk pengolahan limbah logam berat.

**Kata kunci:** biji durian, adsorben, adsorpsi, NaOH, HCl

### PENDAHULUAN

Secara umum, pencemaran terutama disebabkan oleh aktivitas manusia yang tidak wajar, seperti penambangan dan peleburan logam berat, pembuangan limbah padat, irigasi air limbah, serta penggunaan pestisida dan pupuk (M. Mahinroosta & A. Allahverdi, 2018; Z.Q. Zhou et al., 2018). Pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh ion logam berat, seperti ion Pb (II) pada permukaan air, semakin menjadi masalah yang luas karena tingginya toksisitas dan efek yang terakumulasi di lingkungan (C.S.Lwin et al., 2018; M.Van Ginneken et al., 2017; L.Souter & S.A. Watmough, 2017; Y.Ge & Z.Li, 2018).

Meskipun beberapa logam berat berfungsi sebagai mikronutrien atau makronutrien, paparan jangka panjang di tubuh manusia memiliki dampak negatif karena sifatnya yang beracun dan tidak dapat terurai (Mopoung et al., 2015). Misalnya, timbal dapat menyebabkan penyakit seperti hipertensi dan degenerasi sel, paparan kromium dapat menyebabkan penyakit hati, ginjal, sirkulasi darah, dan kerusakan jaringan saraf. Logam Arsenik dan Kadmium adalah agen karsinogenik yang dapat menyebabkan kanker kulit, paru-paru, dan hati. Merkuri dalam konsentrasi tinggi diketahui dapat merusak saraf secara permanen sel-sel di otak dan ginjal (Mariana et al., 2021). Adsorpsi merupakan suatu proses pemisahan fisik atau kimia dari suatu zat (adsorbat) yang melekat pada permukaan zat padat atau cair (adsorben) (Atkins & de Paula, 2014). Berbeda dengan absorpsi yang terjadi secara volumetrik, adsorpsi hanya berlangsung di permukaan. Proses ini

penting dalam berbagai bidang, seperti pemurnian air, pengolahan limbah, industri kimia, dan bioteknologi (Foo & Hameed, 2010). Seiring dengan meningkatnya pencemaran air akibat aktivitas industri dan domestik, penggunaan adsorben alami yang berasal dari limbah pertanian menjadi topik yang semakin banyak diteliti. Studi menunjukkan bahwa berbagai limbah pertanian memiliki potensi sebagai bahan baku adsorben karena kandungan lignoselulosa dan keberadaan gugus fungsional aktif seperti karboksil, hidroksil, dan fenolik, yang mampu berinteraksi dengan kontaminan di air (Mohanty et al., 2005). Berbagai jenis biomassa pertanian yang telah diteliti mencakup dedak padi, sekam padi, dedak gandum, gandum, sekam biji kapas, dan serbuk gergaji berbagai tanaman. Selain itu, bagian tanaman seperti kulit pohon, kulit kacang tanah, tempurung kelapa, sekam hitam, kulit kemiri, dan kulit kenari juga telah diuji kemampuannya dalam menyerap ion logam berat maupun zat warna. Beberapa studi menunjukkan bahwa kulit durian memiliki potensi tinggi sebagai bahan baku adsorben karena komposisinya yang kaya akan lignoselulosa, termasuk selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Komponen ini menyediakan gugus fungsional aktif seperti hidroksil (-OH) dan karboksil (-COOH) yang mampu berinteraksi dengan berbagai jenis polutan, seperti logam berat dan zat warna dari limbah industri (Kusuma et al., 2015).

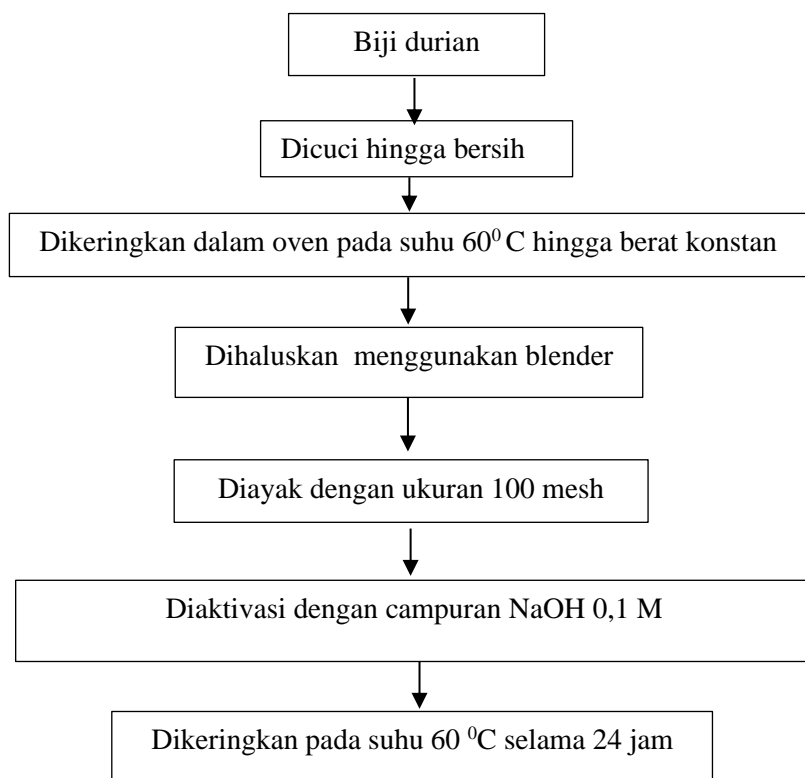
Aktivasi kimia merupakan salah satu metode penting dalam proses pembuatan adsorben, terutama untuk meningkatkan luas permukaan spesifik, jumlah pori, dan keberadaan gugus fungsional aktif pada permukaan adsorben. Natrium hidroksida (NaOH) merupakan salah satu agen kimia yang paling umum digunakan dalam proses aktivasi karena sifatnya yang kuat sebagai basa dan kemampuannya untuk memodifikasi struktur lignoselulosa dari biomassa (Ioannidou & Zabaniotou, 2007). Aktivasi dengan NaOH dapat melarutkan bagian hemiselulosa dan lignin dari bahan biomassa, sehingga menghasilkan struktur berpori yang lebih terbuka. Hal ini meningkatkan luas permukaan aktif adsorben secara signifikan, sehingga memperbesar kapasitas adsorpsinya (Zhu et al., 2010). NaOH juga dapat memunculkan atau menambah jumlah gugus fungsional seperti hidroksil (-OH) dan karboksilat (-COO<sup>-</sup>) pada permukaan adsorben. Gugus-gugus ini penting dalam proses adsorpsi karena berinteraksi langsung dengan molekul atau ion polutan, baik melalui mekanisme ikatan ionik, pertukaran ion, maupun interaksi elektrostatik (Babel & Kurniawan, 2003).

## **METODOLOGI PENELITIAN**

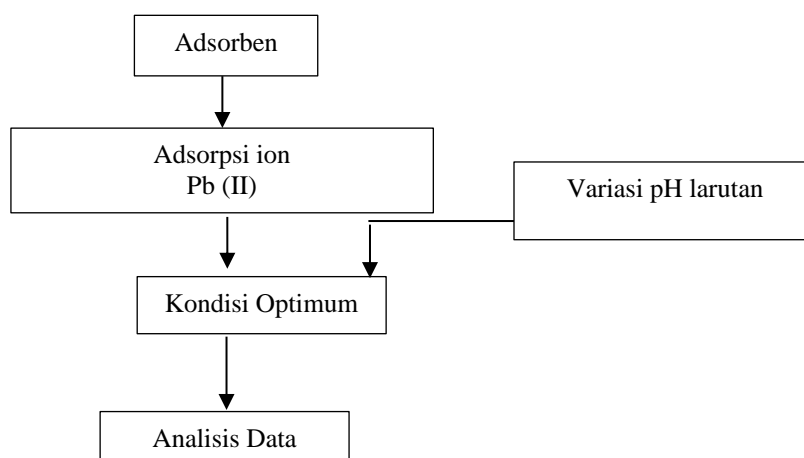
Adapun tahapan dari penelitian ini meliputi studi pustaka, persiapan alat dan bahan, serta analisa bahan baku biji buah durian, pembuatan adsorben, aktivasi adsorben, analisa SEM dan FTIR adsorben, uji kinerja adsorben dengan metode AAS (*Atomic Absorption Spectro[hotometry]*), pengolahan data, dan pembuatan laporan dan artikel ilmiah.

Biji durian dicuci bersih kemudian dikeringkan di dalam oven pada suhu 60 °C, selanjutnya dihaluskan menggunakan blender. Serbuk yang diperoleh diayak dengan ukuran 100 mesh untuk mendapatkan ukuran yang seragam. Serbuk biji durian diaktivasi dengan pelarut seperti NaOH 0,1 M dan HCl 0,01 M. Penelitian ini membandingkan kinerja adsorben pada *treatment* menggunakan pelarut NaOH 0,1 M dan HCl 0,01 M. Adsorben teraktivasi dengan pelarut NaOH 0,1 M dan HCl 0,01 M. yang telah dikeringkan dikarakterisasi perubahan gugus fungsi senyawa-senyawa kimianya menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), sedangkan morfologi permukaan adsorben dikarakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

Penentuan pH optimum terhadap biosorpsi ion logam Pb(II) pada biosorben serbuk biji durian dengan aktivasi larutan NaOH 0,1 M dan HCl 0,01 M dilakukan pada rentang pH 2-7. Hasil adsorpsi ion logam Pb dengan aktivasi NaOH 0,1 M dan HCl dianalisis dengan metode AAS (*Atomic Absorption Spectro[hotometry]*).



**Gambar 1.** Diagram Alir Proses Aktivasi Adsorben



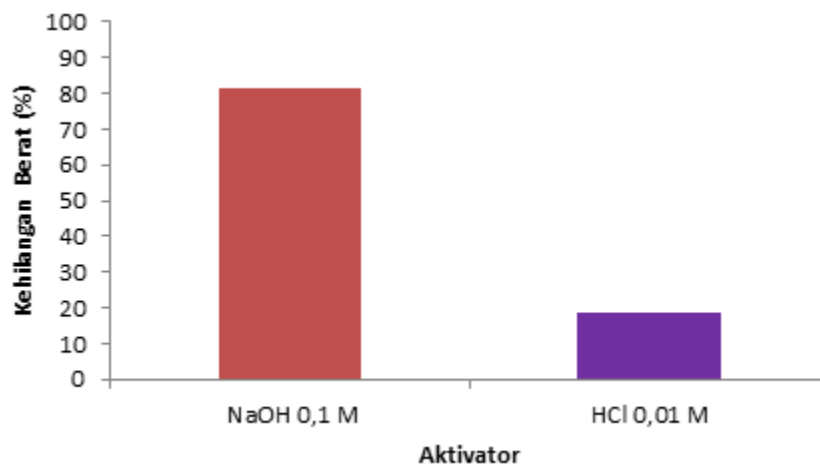
**Gambar 2.** Diagram Alir Pelaksanaan Adsorpsi

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Aktivasi adsorben dengan NaOH 0,1 M dan HCl 0,01 M

Berat adsorben setelah diaktivasi dengan pelarut NaOH 0,1 M dan HCl 0,01 M dibandingkan antara satu dan lainnya. Berdasarkan percobaan ini, kehilangan berat tertinggi pada *treatment* dengan pelarut NaOH 0,1 M. Hal ini sesuai dengan percobaan Chen dan Yang (2005) dimana NaOH 0,1 M mengakibatkan kehilangan berat (*weight loss*) terbesar pada aktivasi ganggang laut (*Sargassum sp.*) sebagai adsorben. Penggunaan NaOH dapat menyebabkan hidrolisis terhadap lignin, protein, pektin, dan ester pada selulosa (Abdolali et al., 2015). Oleh karena itu, berat adsorben mengalami penurunan yang lebih tinggi pada *treatment* NaOH 0,1 M dibandingkan *treatment* dengan pelarut yang lain.

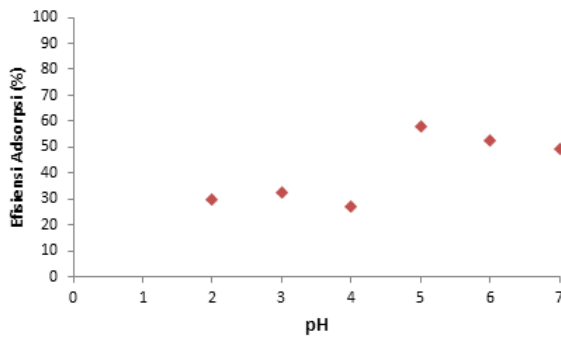
Beberapa penelitian menunjukkan bahwa aktivasi dengan NaOH dapat meningkatkan luas permukaan adsorben serta memperkenalkan gugus aktif seperti  $-OH$  dan  $-COOH$  pada permukaannya (Wang & Yang, 2008). Penelitian oleh Taufik et al. (2021) menemukan bahwa biji durian yang telah diaktivasi dengan NaOH menunjukkan peningkatan kapasitas adsorpsi yang signifikan terhadap logam Cu dan Ni. Aktivasi ini membuka lebih banyak situs adsorpsi pada permukaan biji durian dan meningkatkan daya ikatnya terhadap ion logam



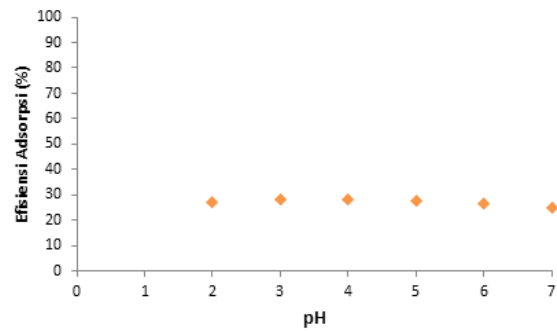
Gambar 3. Persentase kehilangan berat setelah aktivasi (berat awal 20 gram)

### Pelaksanaan Adsorpsi

Pada proses adsorpsi ion logam timbal (Pb), konsentrasi awal logam Pb (II) pada percobaan ini adalah 100 mg/L dengan massa adsorben 0,2 gram dalam 50 mL larutan. Dari hasil AAS, efisiensi adsorpsi Pb (II) tertinggi terjadi pada pH 5 yaitu 57,967% pada aktivasi NaOH 0,1 M, sedangkan aktivasi adsorben menggunakan larutan HCl 0,01 M, efisiensi adsorpsi Pb (II) tertinggi pada pH 4 yaitu sebesar 28,337% pada waktu kontak 60 menit. Berdasarkan data yang diperoleh, adsorben dengan aktivasi larutan NaOH 0,1 M pada adsorpsi logam Pb (II) memberikan hasil yang paling baik pada pH 5 dibandingkan adsorben yang diaktivasi dengan larutan HCl 0,01 M.



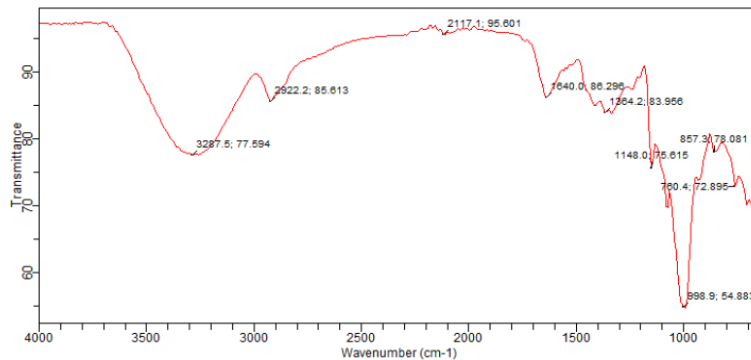
**Gambar 4.** Grafik analisis pH optimum dengan larutan NaOH 0,1 M



**Gambar 5.** Grafik analisis Ph optimum dengan larutan HCl 0,01 M

### Karakterisasi Gugus Fungsi Adsorben dengan FTIR

Hasil uji FTIR pada adsorben serbuk biji durian setelah dikativasi dengan larutan NaOH 0,1 M menghasilkan spektrum sebagai berikut:



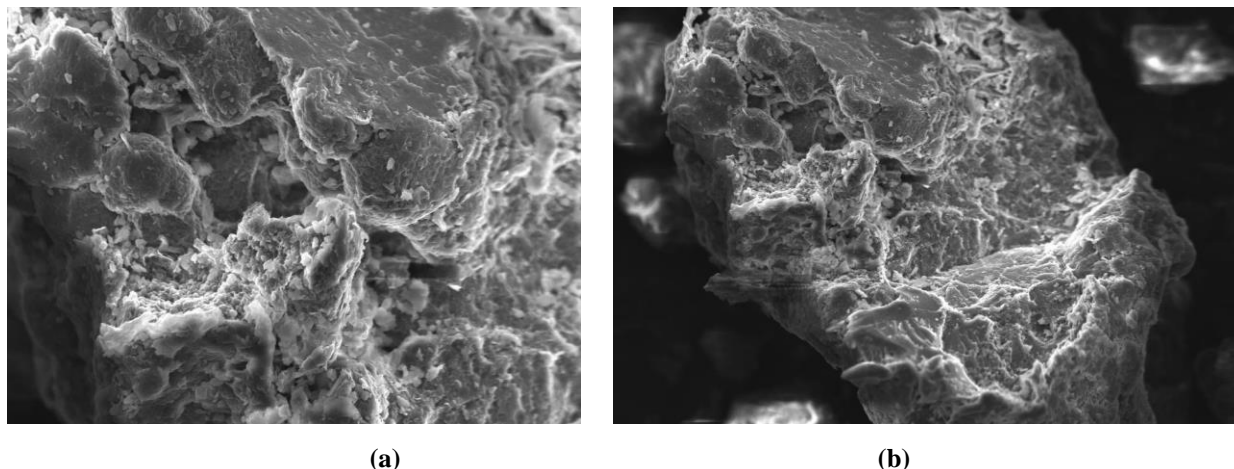
**Gambar 6.** Hasil uji FTIR adsorben serbuk biji durian dengan aktivasi larutan NaOH 0, 1M

Pada bilangan gelombang 4000-2500  $\text{cm}^{-1}$  terdapat serapan tunggal H, yang terdiri dari gugus fungsi O-H, N-H, dan C-H. Pada bilangan gelombang 2500-2000  $\text{cm}^{-1}$  terdapat serapan ikatan rangkap tiga seperti ikatan rangkap tiga  $\text{C}\equiv\text{C}$  dan  $\text{C}\equiv\text{N}$ . Pada bilangan gelombang 2000-1500  $\text{cm}^{-1}$  ada serapan ikatan rangkap dua, seperti ikatan rangkap dua  $\text{C}=\text{O}$ ,  $\text{C}=\text{N}$ ,  $\text{C}=\text{C}$ . Pada bilangan gelombang 1500-500  $\text{cm}^{-1}$  ada serapan ikatan tunggal C-C, C-N, C-O, dan C-X.

### Karakterisasi Morfologi Adsorben dengan SEM

Lepasnya lignin dan senyawa pengotor lainnya oleh NaOH menyebabkan permukaan adsorben lebih porous sehingga menyediakan permukaan yang lebih luas dibandingkan sebelum aktivasi (Feng dan Guo, 2012). Gambar 4.8 menunjukkan adsorben diaktivasi NaOH 0,1 M memiliki permukaan dengan rongga-rongga lebih besar dibandingkan dengan adsorben yang diaktivasi dengan HCl 0,01 M.

Permukaan adsorben yang lebih luas diketahui dapat meningkatkan kemampuan adsorben dalam menghilangkan ion logam ( $\text{Pb}^{2+}$ ) dari larutan. Permukaan yang lebih luas akan menyediakan lebih banyak tempat untuk menjerap ion Timbal (II).



**Gambar 6.** Scanning Electron Microscopy (SEM) Permukaan (perbesaran 1000x) (a) Adsorben Biji Durian Diaktivasi NaOH 0,1 M (b) Adsorben Biji Durian Diaktivasi Setelah Diaktivasi HCl 0,01 M

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa biji buah durian (*Durio zibethinus*) memiliki potensi sebagai bahan dasar adsorben untuk menghilangkan ion logam timbal ( $Pb^{2+}$ ) dari larutan air. Proses aktivasi kimia dengan larutan NaOH menghasilkan adsorben dengan efektivitas adsorpsi yang lebih tinggi dibandingkan dengan aktivasi menggunakan HCl. Hal ini disebabkan oleh peningkatan luas permukaan, jumlah pori, serta keberadaan gugus fungsional aktif pada adsorben teraktivasi NaOH, sebagaimana ditunjukkan melalui karakterisasi FTIR dan SEM. Proses adsorpsi mengikuti model isoterm Langmuir, dengan efisiensi maksimum pada pH 5 dan waktu kontak 60 menit yang ditunjukkan dengan penyerapan ion logam Pb sebesar 57,97% dengan aktivasi NaOH, sedangkan dengan aktivasi HCl 0,01 M sebesar 28,34%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Atkins, P., & de Paula, J. (2014). *Atkins' physical chemistry* (10th ed.). Oxford University Press.
- Abdolali, A., Ngo, H. H., Guo, W. S., Lu, S., Chen, S., Nguyen, N. C., Zhang, X., Wang, J., & Wu, Y. (2016). A breakthrough biosorbent in removing heavy metals: Equilibrium, kinetic, thermodynamic and mechanism analyses in a lab-scale study. *Science of The Total Environment*, 542, 603–6011. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.10.130>
- Babel, S., & Kurniawan, T. A. (2003). Low-cost adsorbents for heavy metals uptake from contaminated water: A review. *Journal of Hazardous Materials*, B97(1–3), 219–243. [https://doi.org/10.1016/S0304-3894\(02\)00263-7](https://doi.org/10.1016/S0304-3894(02)00263-7)
- Chen, J. P., & Yang, L. (2005). Chemical modification of *Sargassum* sp. for prevention of organic leaching and enhancement of uptake during metal biosorption. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 44(25), 9931–9942. <https://doi.org/10.1021/ie050473m>

- Feng, N., & Gou, X. (2012). Characterization of adsorptive capacity and mechanisms on adsorption of copper, lead and zinc by modified orange peel. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 22(5), 1224–1231. [https://doi.org/10.1016/S1003-6326\(11\)61346-5](https://doi.org/10.1016/S1003-6326(11)61346-5)
- Foo, K. Y., & Hameed, B. H. (2010). Insights into the modeling of adsorption isotherm systems. *Chemical Engineering Journal*, 156(1), 2–10. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2009.09.013>
- Ge, Y., & Li, Z. (2018). Application of lignin and its derivatives in adsorption of heavy metal ions in water: A review. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 6(5), 7181–7192. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.8b01337>
- Kusuma, H. S., Mahfud, M., & Rahmadi, D. (2015). Pemanfaatan kulit durian sebagai adsorben logam berat dalam air limbah. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 16(2), 123–130.
- Ioannidou, O., & Zabaniotou, A. (2007). Agricultural residues as precursors for activated carbon production—a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(9), 1966–2005. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2006.03.013>
- Lwin, C. S., Seo, B.-H., Kim, H.-U., Owens, G., & Kim, K.-R. (2018). Application of soil amendments to contaminated soils for heavy metal immobilization and improved soil quality—a critical review. *Soil Science and Plant Nutrition*, 64(2), 156–167. <https://doi.org/10.1080/00380768.2018.1445947>
- Mahinroosta, M., & Allahverdi, A. (2018). Hazardous aluminum dross characterization and recycling strategies: A critical review. *Journal of Environmental Management*, 223, 452–468. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.06.077>
- Mariana, M., Mistar, E. M., Yahya, E. B., Alfatah, T., Danish, M., & Amayreh, M. (2021). Recent advances in activated carbon modification techniques for enhanced heavy metal adsorption. *Journal of Water Process Engineering*, 43, 102221. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102221>
- Mopoung, S., Moonsri, P., Palas, W., & Khumpai, S. (2015). Characterization and properties of activated carbon prepared from tamarind seeds by KOH activation for Fe(III) adsorption from aqueous solution. *The Scientific World Journal*, 2015, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2015/502719>
- Souter, L., & Watmough, S. A. (2017). Geochemistry and toxicity of a large slag pile and its drainage complex in Sudbury, Ontario. *Science of the Total Environment*, 605, 461–470. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.111>
- Taufik, M. H., Hasanah, H., & Ulfah, S. (2021). Durian seed waste as a biosorbent for the removal of metal ions from aqueous solutions. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 13(1), 50–57.

- Van Ginneken, M., Blust, R., & Bervoets, L. (2017). How lethal concentration changes over time: Toxicity of cadmium, copper, and lead to the freshwater isopod *Asellus aquaticus*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 36(10), 2849–2854. <https://doi.org/10.1002/etc.3852>
- Wang, S., & Yang, J. (2008). Adsorption of heavy metals from aqueous solutions by biosorbents: A review. *Journal of Hazardous Materials*, 153(1-2), 96–109. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.09.046>
- Zhu, Z., Zheng, H., Wang, N., Wang, K., & Wu, Y. (2010). Preparation and characterization of NaOH-activated carbon from sawdust for removing lead ion from wastewater. *Chemical Engineering Journal*, 158(3), 544–551. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2010.02.031>
- Zhou, Z. Q., Chen, Z. Z., Pan, H. J., Sun, B. B., Zeng, D. M., He, L., Yan, R., & Zhou, G. H. (2018). Cadmium contamination in soils and crops in four mining areas, China. *Journal of Geochemical Exploration*, 192, 72–84. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2018.04.013>