

Pemanfaatan Serbuk Kayu Pohon Gayam (*Inocarpus Fagiferus*) sebagai Penjerap Ion Logam Berat Pb(II) dalam Limbah Cair

Utilization of Tahitian Chestnut Wood Sawdust (*Inocarpus Fagiferus*) as Adsorbent of Heavy Metal Ions Pb(II) from wastewater

Tintin Mutiara*, Jefri Dimas Aziz, and Muhammad Gustav Irsack³

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Jalan Kaliurang km 14,5 Sleman, Yogyakarta, 55584, Indonesia

Artikel histori :

Diterima 23 Oktober 2020
Diterima dalam revisi 16 November 2020
Diterima 22 Januari 2020
Online 31 Maret 2020

ABSTRAK: Gayam (*Inocarpus fagifer*) dimanfaatkan sebagai bahan penjerap alami untuk mengolah limbah cair dengan kandungan ion logam berat. Pada penelitian ini serbuk kayu gayam dimodifikasi kimia dengan larutan basa potasium hidroksida dan sodium hidroksida untuk meningkatkan kapasitas penjerapan. Selain itu kapasitas penjerapan serbuk kayu gayam diteliti terhadap pengaruh pH larutan dan waktu kontak. Berdasarkan data penelitian diperoleh hasil bahwa kinetika proses penjerapan ion Pb(II) ke dalam bahan penjerap kayu gayam dapat diilustrasikan dengan model matematis Lagergren order dua dengan nilai koefisien determinasi (R^2) 0,9496.

Kata Kunci: penjerap; serbuk kayu; gayam; logam berat; limbah cair

ABSTRACT: Tahitian chestnut (*Inocarpus fagifer*) was utilized as adsorbent to eliminate heavy metal ions in wastewater. In this research, Tahitian chestnut wood sawdust was chemical modified by alkali solution from potassium hydroxide and sodium hydroxide to enhance the adsorption capacity of the sawdust. Furthermore, the effect of pH solution and soaking time to the adsorption capacity of Tahitian chestnut wood sawdust was investigated. Based on the experiment data, it can be concluded that the kinetic of adsorption Pb(II) ions onto the adsorbent Tahitian chestnut wood sawdust was well illustrated by Lagergren 2nd order mathematic model with the value of determination coefficient (R^2) was 0,9496.

Keywords: adsorbent; sawdust; Tahitian chestnut ; heavy metal; wastewater

1. Pendahuluan

Air melingkupi sebagian besar permukaan bumi, namun saat ini kelangkaan air bersih semakin mengancam kehidupan manusia. Perkembangan industri, pembangunan pemukiman dan perubahan iklim makin memperparah kelangkaan air. Di lain pihak, industri menggunakan air untuk keperluan proses dalam jumlah yang besar dan melepaskan air limbah ke lingkungan dalam jumlah besar pula. Tidak jarang air limbah yang dikeluarkan oleh suatu industri mengandung komponen atau senyawa yang berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan. Salah satu komponen pencemar dalam air limbah yang perlu menjadi perhatian adalah logam berat. Kandungan logam berat jika terkonsumsi dalam jumlah diatas batas yang diijinkan maka akan menyebabkan gangguan kesehatan yang serius. Berbagai usaha telah dilakukan untuk mengolah air limbah industri agar dapat dilepas ke lingkungan dengan aman, bahkan dapat dimanfaatkan kembali. Cara umum yang selama ini diterapkan untuk penghilangan logam berat dari

air limbah meliputi presipitasi kimia, oksidasi kimia, pertukaran ion, pemisahan membran, reverse osmosis dan sebagainya. Namun, metode-metode tersebut kurang efisien, mahal dan memerlukan input energi yang tinggi (Tripathi dan Ranjan, 2015).

Dalam beberapa tahun terakhir telah diteliti berbagai metode alternatif untuk penghilangan logam berat dari limbah cair. Salah satu metode yang sedang dikembangkan adalah adsorpsi menggunakan penjerap dengan harga yang murah. Penjerap murah yang telah diteliti antara lain fly ash bagas tebu (Oliveira, dkk., 2019), serbuk kayu nangka (Mutiara, dkk., 2019), ampas kopi (Patterer, dkk., 2017), limbah kain tekstil (Bediako, dkk., 2016), abu sekam padi (El Said, dkk., 2012), kulit buah-buahan (Pranav, dkk., 2015), biochar (Mohan, dkk., 2011 ; Mandu, dkk., 2016), dan sebagainya. Selain menggunakan berbagai produk alam begitu saja sebagai penjerap, berbagai usaha telah dilakukan untuk memodifikasi bahan alam guna meningkatkan kapasitas penyerapan. Penelitian yang telah dilakukan antara lain memodifikasi kernel hawthorn dengan asam sulfat

*Corresponding Author: (0274)895287 ; fax : (0274)895007
Email: tintin.mutiara@uii.ac.id

(Akkoz, dkk., 2019), kulit ginkgo dengan reaksi oksidasi aminasi (Qin, dkk., 2019), aktivasi fisik batok kelapa menggunakan CO₂, O₃, steam (Chandana, dkk., 2019), ekstraksi alkali lignin dari jerami gandum (Todorciuc, 2015), modifikasi turunan pati dengan dithiocarbamate (Xiang, 2016). Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Sciban, dkk. (2006) modifikasi serbuk kayu lunak poplar dan fir menggunakan NaOH meningkatkan kemampuan penjerapan terhadap ion logam berat yang cukup signifikan jika dibandingkan dengan serbuk kayu tanpa modifikasi. Selain itu disebutkan pula bahwa NaOH adalah senyawa yang perubahannya tidak terpengaruh oleh waktu, suhu dan konsentrasi alkali.

Pada penelitian ini ingin diketahui potensi kayu gayam sebagai bio adsorbent murah untuk mengolah limbah cair industri. Kayu gayam dihancurkan hingga menjadi serbuk dan dilakukan modifikasi kimia menggunakan NaOH dan KOH. Percobaan adsorpsi batch dilaksanakan untuk mengetahui kemampuan penjerapan serbuk kayu gayam hasil modifikasi terhadap ion logam berat Pb(II).

2. Metode Penelitian

2.1 Alat dan Bahan

Bahan baku kayu pohon gayam yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari daerah Bantul, Yogyakarta, sedangkan bahan kimia yang digunakan antara lain NaOH (Merck), KOH (Merck), H₂SO₄ (Merck) dan Pb(NO₃)₂ (Merck).

Alat yang digunakan antara lain blender, ayakan, magnetic stirrer, erlenmeyer, wadah plastik, gelas ukur, timbangan digital, cawan porselin, gelas beaker, pipet volume, pipet ukur, saringan, botol kaca dan oven.

Analisa kandungan ion Pb(II) total dalam sampel air limbah dilaksanakan di laboratorium terpadu Universitas Islam Indonesia pada rangkaian instrumen Atomic Absorption Spectroscopy (AAS).

2.2 Prosedur Penelitian

Serbuk kayu didapatkan dengan cara batang pohon kering dihancurkan hingga menjadi serbuk, kemudian diayak dengan ayakan ukuran 100 mesh. Serbuk kayu gayam yang lolos ayakan 100 mesh kemudian dicuci dengan air distilasi hingga bersih kemudian dikeringkan di dalam oven dengan suhu 80 °C selama 24 jam.

Variabel penelitian yang dikenakan pada bahan baku serbuk kayu gayam adalah serbuk kayu alami dan serbuk kayu yang dimodifikasi kimia menggunakan sodium hidroksida (NaOH) dan potasium hidroksida (KOH). Modifikasi kimia dilakukan dengan cara 20 gram serbuk kayu gayam direndam dengan larutan NaOH dan KOH dengan konsentrasi masing-masing 2 M selama 8 jam. Setelah itu, serbuk kayu direndam dalam larutan H₂SO₄ 0,98% selama 8 jam. Langkah selanjutnya adalah pencucian dengan air distilasi hingga pH cucian konstan yaitu pH 5 dan dikeringkan dalam oven dengan suhu 80 °C selama 24 jam.

Untuk mengetahui bio adsorbent dari serbuk gayam dengan kemampuan penjerapan terbaik, maka dilakukan

analisa penjerapan secara batch. Bio adsorbent serbuk kayu gayam seberat 0,5 gram direndam dalam 100 ml larutan Pb(II) 20 ppm dan diaduk dengan kecepatan 300 rpm selama 2 jam. Setelah 2 jam, campuran kemudian didiamkan selama 24 jam. Sampel cairan kemudian diambil untuk dianalisa kandungan ion Pb(II) total dengan menggunakan instrumen AAS.

Kapasitas penjerapan bio adsorbent terhadap ion Pb(II) dari larutan dapat dihitung dengan rumus:

$$q_e = \frac{(C_o - C_e)V}{W} \quad (1)$$

Untuk menentukan efisiensi penjerapan bio adsorbent, dihitung dengan rumus berikut:

$$R\% = \frac{(C_o - C_e)}{C_o} \times 100\% \quad (2)$$

dimana q_e adalah kapasitas penjerapan (mg/g), C_o dan C_e adalah konsentrasi fase cairan mula-mula dan pada saat setimbang (mg/L), V adalah volume larutan (liter) dan W adalah massa bio adsorbent (gram).

Untuk mengetahui pengaruh pH larutan terhadap kapasitas penjerapan bio adsorbent maka percobaan adsorpsi batch seperti diatas dilakukan pada larutan Pb(II) dengan pH 2, 3, 4, 5 dan 6.

Kinetika proses penjerapan ion Pb(II) ke dalam bio adsorbent serbuk kayu gayam dihitung dengan cara 2,5 gram bio adsorbent dicampur dalam 500 ml larutan Pb(II) 20 ppm dan diaduk dengan kecepatan 300 rpm. Sampel larutan diambil pada tiap waktu ke 0, 10, 20, 30, 50, 70, 90, dan 120 menit. Kinetika penjerapan dimodelkan menggunakan persamaan Lagergren order dua:

$$\frac{dq_t}{dt} = k_2(q_e - q_t)^2 \quad (3)$$

Dengan kondisi batas ketika t = 0 maka q_t = 0 dan ketika t = t maka q_t = q_t. Persamaan (3) menjadi:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (4)$$

dimana k₂ (g/mg.men) adalah konstanta kecepatan persamaan Lagergren order dua, q_e (mg/g) adalah massa ion Pb(II) yang terjerap dalam tiap gram bio adsorbent pada kondisi kesetimbangan, dan t (menit) adalah waktu perendaman.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengaruh Modifikasi Kimia Terhadap Kemampuan Penjerapan Bio Adsorbent

Perendaman serbuk kayu gayam di dalam larutan NaOH dan KOH bertujuan untuk mengetahui pengaruh modifikasi basa terhadap kemampuan penjerapan ion Pb(II) dalam bio adsorbent serbuk kayu. Hasil analisa kapasitas penjerapan tersaji pada Tabel 1.

Kemampuan penjerapan bio adsorbent dari serbuk kayu gayam memiliki nilai terbaik pada bio adsorbent alami atau tanpa modifikasi basa, dengan nilai kapasitas penjerapan 3,11 mg ion Pb(II) pada tiap gram bio adsorbent dan nilai efisiensi penjerapan sebesar 93,22%. Dengan adanya perlakuan kimia pada serbuk kayu gayam mengakibatkan kapasitas penjerapan bio adsorbent

menurun, dan kapasitas penjerapan terendah terjadi pada bio adsorbent dengan modifikasi KOH.

Tabel 1. Kapasitas penjerapan bio adsorbent serbuk kayu gayam

Variabel	Modifikasi	Kapasitas penjerapan (mg/g)	Efisiensi penjerapan (R%)
A	Tanpa modifikasi	3,11	93,22
B	NaOH	3,03	91,07
C	KOH	1,75	52,38

Keterangan: Konsentrasi ion Pb(II) mula-mula 16,66 mg/L

Hal ini dimungkinkan karena selama proses modifikasi kimia, terdapat sejumlah kecil komponen senyawa basa yang digunakan untuk modifikasi yang tertinggal di dalam struktur mikropori serbuk kayu (Sciban, dkk., 2006), sehingga dapat mengurangi situs aktif dari serbuk kayu dan menurunkan kapasitas penjerapan terhadap ion logam.

3.2 Pengaruh pH Larutan Terhadap Kapasitas Penjerapan Bio Adsorbent

Berbagai kondisi larutan limbah memungkinkan mempengaruhi proses penjerapan ion logam ke dalam adsorbent, salahnya adalah pH larutan. Hasil analisa pengaruh pH larutan tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh pH larutan terhadap kapasitas penjerapan bio adsorbent serbuk kayu gayam

pH larutan	Kapasitas penjerapan (mg/g)	Efisiensi penjerapan (R%)
2	0,03	2,26
3	0,03	2,60
4	0,10	5,58
5	2,86	49,60
6	15,19	98,47

pH larutan pada percobaan ini memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai kapasitas penjerapan. Berdasarkan Tabel 2, terlihat bahwa kapasitas penjerapan meningkat seiring dengan peningkatan pH larutan. Kemampuan penjerapan ion positif meningkat dengan peningkatan nilai pH larutan, hal ini dikarenakan pada pH rendah ion logam harus berebut situs adsorpsi adsorbent dengan ion H⁺ (Sciban dan Klasnja, 2004). Nilai pH larutan yang optimum beragam tergantung pada tipe bio adsorbent dan kation ion logam (Bozic, dkk., 2013 ; Feng dan Zhang 2013).

Pada penelitian ini pH 6 menjadi pH larutan yang optimum pada proses penjerapan ion Pb(II) dalam bio adsorbent serbuk kayu gayam. Namun masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh pH lebih dari 6 terhadap kapasitas penjerapan, karena pada penelitian kali ini hasil analisa masih menunjukkan kecenderungan untuk terus naik nilai kapasitas penjerapan terhadap kenaikan pH larutan.

Perbedaan pengaruh pH dalam penelitian ini dapat ditemui pada bab ini dengan peristiwa modifikasi kimia di awal pembuatan bio adsorbent. Pada proses modifikasi

kimia serbuk kayu gayam didapatkan hasil bahwa pH basa dari bahan kimia mampu menghasilkan senyawa residu yang berakibat pada pengurangan situs aktif dari bio adsorbent yang dihasilkan. Sedangkan kenaikan pH dari larutan limbah yang sedang diolah ternyata menunjukkan hasil penjerapan yang baik ke dalam bio adsorbent serbuk kayu gayam.

3.3 Kinetika Penjerapan ion Pb(II) ke dalam Bio Adsorbent

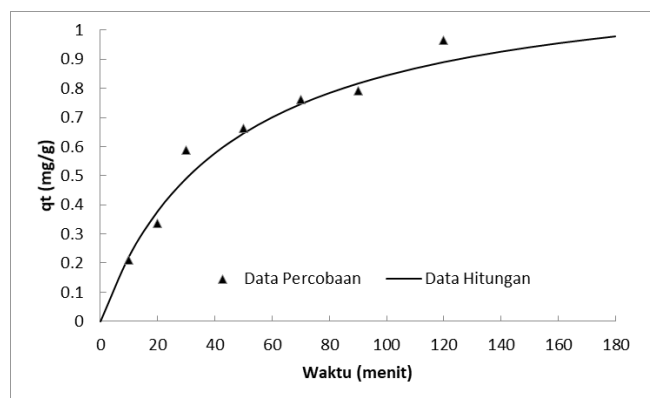
Kinetika proses penjerapan ion Pb(II) ke dalam bio adsorbent kayu gayam pada penelitian ini diilustrasikan dengan persamaan matematis Lagergren order dua. Nilai q_e , k_2 dan R^2 tercantum pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Parameter kinetika penjerapan ion Pb(II) ke dalam bio adsorbent serbuk kayu gayam

Bio Adsorbent	q_e (mg/g)	k_2 (g/mg.menit)	R^2
Serbuk kayu gayam	1,2222	0,0184	0,9496

Keterangan: Konsentrasi ion Pb(II) mula-mula 11,26 mg/L

Perbandingan data hasil percobaan dengan data hasil pemodelan matematis Lagergren order dua diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengaruh waktu perendaman terhadap penjerapan ion Pb(II) ke dalam bio adsorbent serbuk kayu gayam.

Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 1 dapat disimpulkan bahwa kinetika proses penjerapan ion logam Pb(II) dari larutan ke dalam bio adsorbent serbuk kayu gayam terwakili dengan baik oleh model matematis Lagergren order dua dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9496. Persamaan matematis order dua selama beberapa tahun terakhir secara umum telah digunakan untuk mendeskripsikan proses adsorpsi logam berat di dalam larutan oleh adsorbent padatan (Ho, 2006). Berdasarkan model matematis tersebut didapatkan nilai kapasitas penjerapan saat setimbang adalah 1,22 mg/g dengan konsentrasi ion Pb(II) mula-mula adalah 11,26 mg/L.

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dibuktikan bahwa serbuk kayu gayam dapat dimanfaatkan sebagai bio adsorbent murah untuk mengolah limbah cair yang mengandung ion logam berat Pb(II). Modifikasi kimia telah dilakukan terhadap serbuk kayu gayam menggunakan NaOH dan KOH dan diperoleh hasil bahwa kapasitas penjerapan terbaik didapatkan oleh serbuk kayu gayam tanpa modifikasi dengan nilai efisiensi penjerapan 93,22%, diikuti oleh serbuk kayu dengan perlakuan NaOH dan KOH.

Ucapan Terima kasih

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia yang telah mendanai penelitian ini melalui skema hibah penelitian dosen bersama mahasiswa.

Daftar Pustaka

- Akköz, Y., Coşkun, R. & Delibas, A., 2019, Preparation and characterization of sulphonated bio-adsorbent from waste hawthorn kernel for dye (MB) removal, *Journal of Molecular Liquids*, 287, 110988.
- Bediako, J.K., Wei, W. & Yun, Y.S., 2016, Low-cost renewable adsorbent developed from waste textile fabric and its application to heavy metal adsorption, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, Vol. 63, Juni: 250-258.
- Bozic, D., Gorgievski, M., Stankovic, V., Strbac, N., Serbula, S. & Petrovic, N., 2013, Adsorption of heavy metal ions by beech sawdust – Kinetics, mechanism and equilibrium of the process, *Ecological Engineering*, 58, 202–206.
- Chandana, L., Krushnamurthy, K., Suryakala, D. & Subrahmanyam, 2019, Low-cost adsorbent derived from the coconut shell for the removal of hexavalent chromium from aqueous medium, *Materials Today: Proceedings*, article in press.
- El Said, A.G., Badawy, N.A. & Garamon, S.E., 2012, Adsorption of Cadmium (II) and Mercury (II) onto Natural Adsorbent Rice Husk Ash (RHA) from Aqueous Solutions: Study in Single and Binary System, *International Journal of Chemistry*, 58-68.
- Feng, N. & Zhang, F., 2013, Untreated Chinese ephedra residue as biosorbents for the removal of Pb²⁺ ions from aqueous solutions, *Procedia Environmental Sciences*, Vol. 18, 794–799.
- Ho, Yuh-Shan, 2006, Review of second-order models for adsorption systems, *Journal of Hazardous Materials*, Volume 136, Issue 3, August: 681-689.
- Mandu I. Inyang, Bin Gao, Ying Yao, Yingwen Xue, Andrew Zimmerman, Ahmed Mosa, Pratap Pullammanappallil, Yong Sik Ok & Xinde Cao, 2016, A review of biochar as a low-cost adsorbent for aqueous heavy metal removal, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 46:4, 406-433.
- Mohan, D., Shalini Rajput, Vinod K., Singh Philip H. Steele, & Charles U Pittman, 2011, Modeling and evaluation of chromium remediation from water using low cost bio-char, *a green adsorbent Journal of Hazardous Materials* 188, 319–333.
- Mutiara, T., Setyaningsih, L., Chafidz, A., Panandita, B.S. & Raharjo, B., 2019, Alkali modified jackfruit wood sawdust as bio adsorbent for removal of Pb(II) ions from wastewaters, *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 543, 012094.
- Oliviera, J.A., Cunha, F.A. & Ruotolo, L.A.M., 2019, Synthesis of zeolite from sugarcane bagasse fly ash and its application as a low-cost adsorbent to remove heavy metals, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 229, August: 956-963.
- Patterer, S., Bavasso, I., Sambeth, J. & Medici, F., 2017, Cadmium removal from aqueous solution by adsorption on spent coffee grounds, *Chemical Engineer Transaction*, 60, 157-162.
- Pranav, D., Pathak, Sachin, A., Mandavgane, Bhaskar, D. & Kulkarni, 2015, Fruit peel waste as a novel low-cost bio adsorbent, *Reviews in Chemical Engineering*, vol 31, isu 4.
- Sciban, M., Klasnja, M. & Skrbic, B., 2006, Modified softwood sawdust as adsorbent of heavy metal ions from water, *Journal of Hazardous Materials*, B136: 266–271.
- Sciban, M. dan Klasnja, M., 2004, Study of the Adsorption of Copper(II) Ions from Water onto Wood Sawdust, Pulp and Lignin, *Adsorption Science & Technology*, Vol.22 No.3, Jan: 195-206.
- Todorciuc, T., Bulgariu, L., & Popa, V. I., 2015, Adsorption of Cu (II) from aqueous solution on wheat straw lignin: Equilibrium and kinetic studies, *Cellulose Chemistry & Technology*, 49(5-6), 439–447.
- Tripathi dan Ranjan, 2015, Heavy Metal Removal from Wastewater Using Low Cost Adsorbents, *Journal of Bioremediation and Biodegradation*, Vol 6, No. 315.
- Qin, L., Feng, L., Li, C., Fan, Z., Zhang, G., Shen, C. & Meng, Q., 2019, Amination/oxidization dual-modification of waste ginkgo shells as bio-adsorbents for copper ion removal, *Journal of Cleaner Production*, Volume 228, 112-123.
- Xiang, B., Fan, W., Yi, X., Wang, Z., Gao, F., Li, Y., 2016, Dithiocarbamate-modified starch derivatives with high heavy metal adsorption performance, *Carbohydrate Polymers*, 136, 30-37.