



Sintesis Adsorben Berbasis Lignoselulosa Dari Kayu Randu (*Ceiba Pentandra*.) Untuk Menjerap Pb(II) Dalam Limbah Cair Artifisial

Widi Astuti¹✉, Nova Susilowati²

DOI 10.15294/jbat.v3i2.3697

Prodi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Article Info

Sejarah Artikel:
Diterima Oktober 2015
Disetujui Desember 2015
Dipublikasikan Desember 2015

Keywords:
teak wood cotton, adsorbents,
metal ions PB2+.

Abstrak

Pada penelitian ini, limbah kayu randu digunakan sebagai adsorben untuk menjerap ion Pb (II) dalam larutan. Kayu randu yang telah direaksikan dengan NaOH dikarakterisasi dan diuji kemampuan adsorpsinya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada serbuk kayu hasil reaksi dengan NaOH terlihat adanya pori dengan bentuk dan ukuran yang lebih seragam dengan luas permukaan spesifik 7,420 m²/g dan diameter pori 0.3 nm. Adsorpsi mencapai kesetimbangan pada 120 menit dengan kemampuan penjerapan sebesar 2,47 mg/g. Adsorpsi mengikuti model isotherm Freundlich dengan nilai tetapan KF sebesar 1,986 dan n sebesar 0,649.

Abstract

In this research, cotton wood waste was used to adsorb Pb(II) ion in the solution. Sodium hydroxide treated cotton wood was characterized its spesific surface area, pore size, morphology and functional group. Furthermore, it was tested its adsorption ability to adsorb ion Pb(II). The result show that the treated cotton wood has uniform pores. Its specific surface area and pore diameter are 7.420 m²/g and 0.3 nm, respectively. The equilibrium was achieved in 120 minutes. Adsorption ability of the adsorben is 2.47 mg/g. In the adsorption, Freundlich isotherm model fit with the experimental data with the value of KF and n are 1.986 and 0.649, respectively.

PENDAHULUAN

Sejalan dengan pertumbuhan dan perkembangan penduduk, kebutuhan air untuk berbagai keperluan semakin meningkat. Pemenuhan kebutuhan air bersih saat ini sudah menjadi masalah yang cukup serius karena meningkatnya pencemaran air oleh logam berat, diantaranya merkuri, timbal, kadmium dan krom, yang dihasilkan oleh industri-industri elektroplating dan pengolahan logam. Pencemaran ini menimbulkan beragam pengaruh terhadap manusia dan sangat merugikan karena sebagian besar zat-zat tersebut bersifat karsinogenik (Krowiak, 2013; Haryoto dan Wibowo, 2004).

Dilandasi oleh sejumlah fakta tentang bahaya yang ditimbulkan oleh logam berat dan senyawa organik, beberapa metode telah dikembangkan untuk mengatasi pencemaran logam berat dan senyawa organik di perairan, diantaranya presipitasi, ekstraksi, separasi dengan membran (Pak dan Muhammadj, 2006), pertukaran ion (Trigo dkk., 2006) dan adsorpsi (Garg dkk., 2004). Adsorpsi merupakan salah satu metode alternatif yang menjanjikan karena prosesnya yang relatif sederhana, murah dan dapat bekerja pada konsentrasi rendah.

Sementara, Indonesia adalah negara agraris yang kaya akan berbagai macam tumbuhan, diantaranya randu (*Ceiba pentandra L.*). Pada umumnya, kayu randu digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan mebel dan meninggalkan limbah dalam bentuk potongan-potongan kayu maupun serbuk. Kayu randu mengandung lignin, selulosa, tannin dan protein serta gugus fungsional seperti aldehyd, keton, amina, alkohol, fenol dan karboksil yang dapat menyerap ion logam

(Andrabi, 2011). Penelitian ini bertujuan mempelajari kemungkinan penggunaan serbuk kayu randu sebagai adsorben Pb(II).

METODE

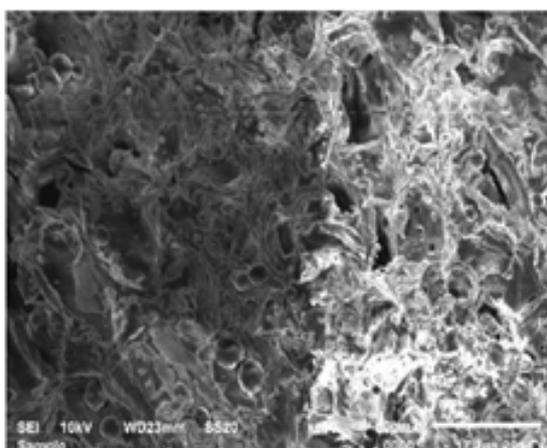
Serbuk kayu randu yang telah dibersihkan dari pengotornya direaksikan dengan larutan NaOH 1% dan 3% selama 1 jam. Hasilnya disaring dan dicuci dengan aquades sampai pH 7. Serbuk selanjutnya dikeringkan pada suhu 50°C hingga berat konstan dan dikarakterisasi luas permukaan spesifik, morfologi serta gugus fungsi. Adsorben yang diperoleh ini selanjutnya diaplikasikan untuk mengadsorpsi ion Pb(II) dalam larutan. Kandungan Pb(II) sebelum dan setelah proses adsorpsi dianalisis menggunakan *atomic absorption spectrophotometer*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

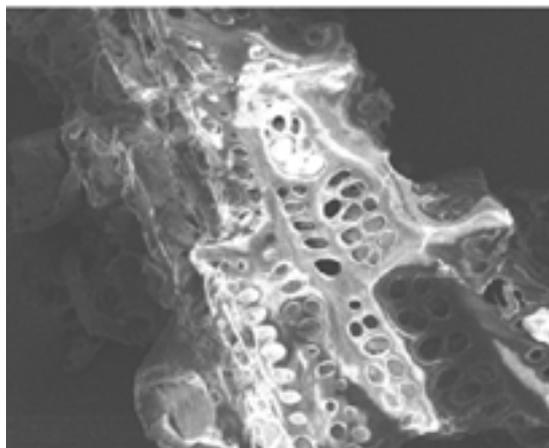
Karakteristik Adsorben

Morfologi

Morfologi limbah kayu sebelum direaksikan dengan NaOH dan setelah direaksikan dengan NaOH 3% tersaji berturut-turut pada Gambar 1(a) dan (b). Gambar 1(a) menunjukkan adanya lubang-lubang pada permukaan kayu randu yang cukup banyak dengan bentuk dan ukuran yang sangat bervariasi, sementara Gambar 1(b) menunjukkan jika ukuran lubang-lubang pori menjadi lebih teratur, baik ukuran maupun bentuknya. Keceragaman bentuk dan ukuran ini menjadi faktor penting dalam proses adsorpsi karena berpengaruh terhadap selektivitas adsorpsi. Lubang-lubang tersebut terbentuk akibat perusakan lignin dalam randu oleh NaOH. Ion OH⁻ dari



(a)



(b)

Gambar 1. Morfologi permukaan kayu randu (a) sebelum dan (b) sesudah direaksikan dengan NaOH 3% , dengan perbesaran 500x

NaOH dapat memutus ikatan-ikatan dari struktur dasar lignin seperti ikatan aril-eter, karbon-karbon, aril-aril dan alkil-alkil menghasilkan fragmen yang larut dalam NaOH. Hilangnya lignin juga dapat teridentifikasi melalui berkurangnya berat serbuk kayu. Serbuk kayu yang direaksikan dengan NaOH 3% mengalami penurunan massa sebesar 25% (dari 30 gram menjadi 25,21 gram). Sementara jika direaksikan dengan NaOH 1% penurunan massa sebesar 5% (dari 3 gram menjadi 2,25 gram). Hal ini menunjukkan bahwa pada penggunaan NaOH dengan konsentrasi yang lebih tinggi maka lignin yang hilang juga semakin besar, sehingga menyebabkan berat adsorben menjadi lebih kecil. Dengan demikian, terdapat kesesuaian antara hasil analisis morfologi dengan analisis berat sampel.

Gugus Fungsi

Hasil analisis gugus fungsi kayu randu menggunakan FTIR sebagaimana tersaji pada Gambar 2 menunjukkan adanya gugus karboksilat (gugus C=O) yang berasal dari senyawa asam dan senyawa anhidrat, yang teridentifikasi di daerah 1600-1530 cm^{-1} (Knuutinen dan kyllonen 2006; Sastrohamidjojo, 1990). Sementara, gugus -OH yang berasal dari senyawa alkohol memberikan puncak serapan yang lebar pada 4000-3200 cm^{-1} (Hermanto, 2008), gugus NH memberikan puncak serapan tajam pada panjang gelombang 3400-1800 cm^{-1} , sedangkan gugus C-O memberikan serapan dengan intensitas kuat di daerah 1000-700 cm^{-1} . Anhidrat mempunyai 2 serapan C=O dekat 1550 dan 1450 cm^{-1} , sementara ikatan rangkap 2 atau cincin aromatik, memberikan serapan lemah C=C dekat 1050 cm^{-1} (Knuutinen dan Kyllonen, 2006). Daerah CH aromatic dan vinil CH analitik memberikan serapan pada 2300 cm^{-1} (Sastrohamidjojo, 1990). Hasil analisis gugus fungsi tersebut menunjukkan adanya situs-situs aktif dalam serbuk kayu yang dapat berperan pada proses kemisorpsi.

Reaksi kayu randu dengan NaOH juga dapat mengubah monosakarida maupun gugus-gugus ujung dalam polisakarida menjadi berbagai asam karboksilat. Polisakarida dengan ikatan 1,4 glikosida dan hemiselulosa dapat terdegradasi dengan mekanisme pemutusan ikatan dari ujung-ujung dan menyisakan senyawa α selulosa yang mengandung situs aktif yang dapat berperan pada proses adsorpsi yang terjadi.

Luas Permukaan Spesifik dan Ukuran Pori

Identifikasi luas permukaan dilakukan melalui fisisorpsi gas N_2 pada 77 K menggunakan NOVA 1200 *microanalyzer* (Quantachrome), den-

gan metode BET (*Brunauer Emmet Teller*). Berdasarkan analisis tersebut diketahui jika adsorben dari kayu randu memiliki luas permukaan spesifik 7,420 m^2/g . Luas permukaan ini tergolong rendah terutama untuk adsorpsi yang bersifat fisis, sehingga kemungkinan diperlukan peran gugus fungsi dalam adsorpsi yang terjadi. Sementara, perhitungan ukuran pori pada adsorben dari serbuk kayu randu dilakukan terintegrasi dengan analisis BET *surface area* menggunakan metode Horvath Kawazoe. Hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa diameter pori terbanyak adalah 0,3 nm sehingga merupakan material mikropori. Ukuran pori ini lebih besar dari ukuran ion Pb^{2+} yang mempunyai diameter 0,2 nm. Dengan demikian, terdapat kesesuaian antara ukuran adsorben dengan pori adsorbat, sehingga Pb^{2+} dapat masuk dan terjerap ke dalam pori.

Uji Adsorpsi

Penentuan Waktu Kesetimbangan

Waktu kontak merupakan salah satu faktor yang penting dalam adsorpsi karena berhubungan langsung dengan proses kesetimbangan yang terjadi. Gambar 3 menunjukkan waktu yang diperlukan untuk mencapai kesetimbangan.

Berdasarkan Gambar 3 tersebut terlihat bahwa jumlah ion Pb(II) yang teradsorpsi setelah 15 menit mencapai 96,58% (2,42 mg/g). Sementara, setelah 120 menit jumlah ion Pb(II) yang terjerap sudah mencapai 97,53% (2,47 mg/g). Jumlah ini konstan hingga 180 menit, sehingga sudah dapat disimpulkan bahwa adsorpsi telah mencapai kesetimbangan pada waktu 120 menit dengan kemampuan penjerapan sebesar 97,53%. Kemampuan adsorpsi serbuk kayu randu yang telah direaksikan dengan NaOH terhadap ion Pb(II) ini lebih besar dari kemampuan adsorpsi serbuk kayu jengkol yang telah direaksikan dengan NaOH terhadap ion Cu(II) (96,07%), ion Zn(II) (95,64%) dan Cr(III) (95,76) (Huda, 2007).

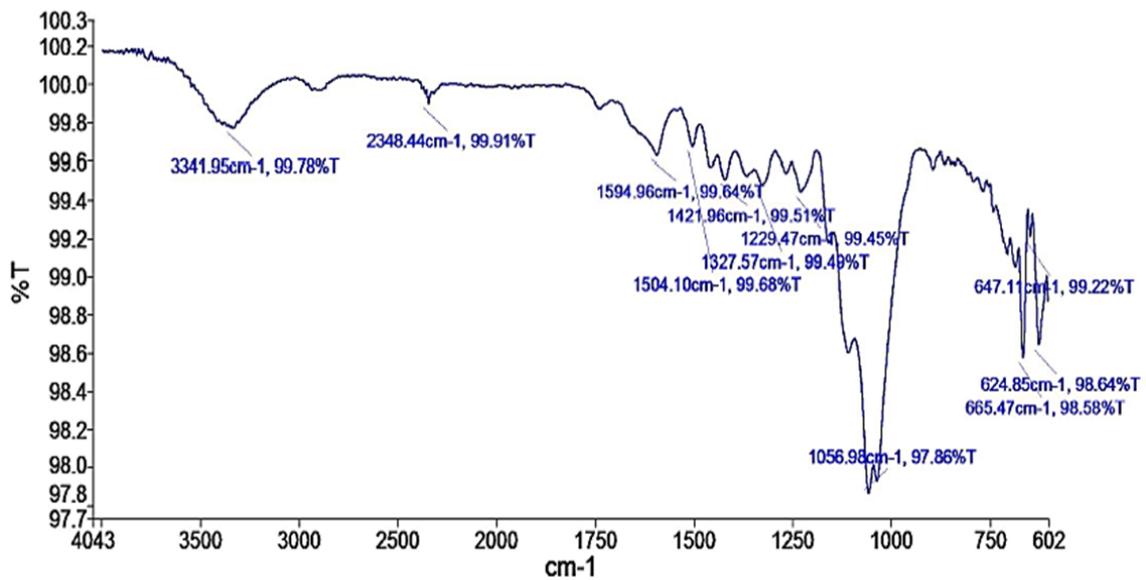
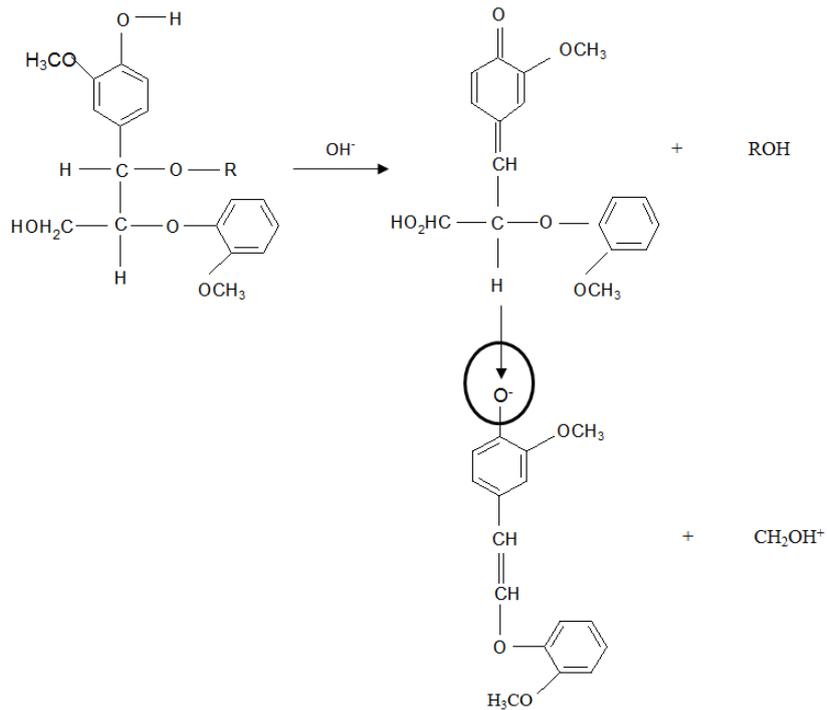
Isotherm Adsorpsi

Model isotherm adsorpsi yang dipelajari pada penelitian ini adalah isotherm Langmuir (Persamaan 1) dan Freundlich (Persamaan 2) sebagai berikut.

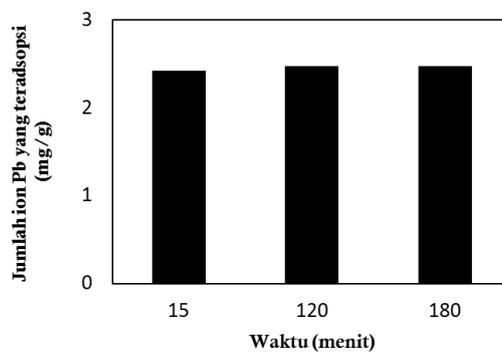
$$C_{\mu} = C_{\mu m} \frac{K_L C_e}{1 + K_L C_e} \quad (1)$$

$$C_{\mu} = K_F (C_e)^{\frac{1}{n}} \quad (2)$$

dengan adalah konsentrasi adsorbat di permukaan adsorben pada keadaan setimbang (mol/g),



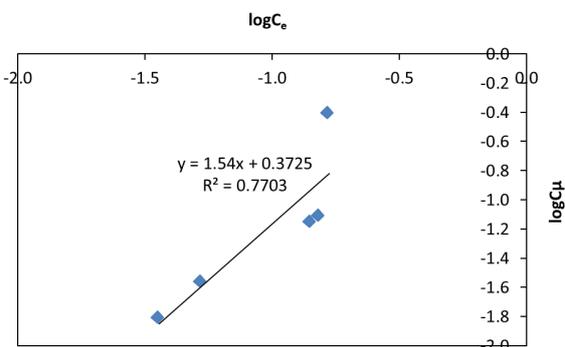
Gambar 2. Spektra IR kayu randu



Gambar 3. Pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi oleh adsorben kayu randu terhadap ion $\text{Pb}(\text{II})$

adalah konsentrasi adsorbat maksimum di permukaan adsorben pada keadaan setimbang (mol/g), adalah konsentrasi adsorbat dalam larutan pada keadaan setimbang (mol/L), adalah konstanta Langmuir terkait dengan afinitas situs adsorpsi (L/mol) dan K_F adalah konstanta Freundlich terkait dengan kapasitas adsorpsi.

Berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2), diketahui bahwa model isotherm Freundlich mempunyai nilai R^2 yang lebih mendekati 1, yaitu sebesar 0,7703. Dengan demikian, model isotherm Freundlich yang lebih memenuhi dengan nilai tetapan K_F sebesar 1,986 dan nilai n sebesar 0,649.



Gambar 4. Isotherm adsorpsi Freundlich

SIMPULAN

1. Morfologi kayu randu yang telah direaksikan dengan NaOH memperlihatkan adanya keteraturan bentuk dan ukuran pori yang sangat berpengaruh terhadap selektivitas adsorpsi.
2. Serbuk gergaji kayu randu yang telah diaktivasi memiliki luas permukaan 7,420 m²/g dan ukuran pori 0,3 nm sehingga memenuhi kualifikasi sebagai adsorben logam Pb(II).
3. Kayu randu hasil reaksi dengan NaOH mampu menjerap ion Pb(II) dalam larutan sebesar 97,53%.
4. Isotermal yang sesuai dengan adsorpsi serbuk gergaji kayu randu terhadap logam berat Pb adalah isotermal Freundlich dengan nilai tetapan K_F sebesar 1,986 dan n sebesar 0,649

DAFTAR PUSTAKA

- Andrabi, S.M.A. 2011. Sawdust of Lam Tree as Low Cost, Sustainable and Easily Available Adsorbent for The Removal of Toxic Metals Like Pb(II) and Ni(II) from Aqueous Solution. *Eur.J.Wood.Prod.* Vol. 69 pp. 75-83.
- Garg, V.K., Kumar, R., Gupta, R. 2004. Removal of Malachite Green Dye from Aqueous Solution by Adsorption using Agro Industry Waste : A Case Study of Prosopis Cineraria. *Dyes and Pigments.* 62 : 1-10.
- Haryoto, Wibowo, A. 2004. Kinetika Bioakumulasi Logam Berat Kadmium oleh Fitoplankton Chlorella sp Lingkungan Perairan Laut. *Jurnal Penelitian Sains & Teknologi.* 5(2) : 89 – 103.
- Hermanto, S. 2008. *Mengenal Lebih Jauh Teknik Analisa Kromatografi dan Spektrofotometri.* Pusat Laboratorium Terpadu UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Huda, A.F. 2007. *Modifikasi Serbuk Kayu Pithecellobium Jiringa Sebagai Adsorben Ion Logam Cu²⁺, Zn²⁺ dan Cr³⁺.* Skripsi. UI, Jakarta.
- Knuutinen, U. and P. Kyllonen. 2006. Two Case Studies of Unsaturated Polyester Composite Art Material. *e-Preservation Science.* 3:11-19.
- Krowiak, A.W. 2013. Application of Beech Sawdust for Removal of Heavy Metals from Water: Biosorption and Desorption Studies. *European Journal of Wood and Wood Products.* 71:227-236.
- Pak, A., Mohammadj, T. 2006. Zeolite NaA Membranes Synthesis. *Desalination.* 200 : 68-70.
- Sastrohamidjojo, H. 1992. *Spektroskopi Inframerah.* Liberty. Yogyakarta, Indonesia.
- Trgo, M. Peric, J., Medvidovic, N.V. 2006. A Comparative Study of Ion Exchange Kinetics in Zinc/Lead-Modified Zeolite-Clinoptilolite Systems. *Journal of Hazardous Materials.* B136 : 938-945.