

PERBANDINGAN DAYA SERAP SERBUK GERGAJI KAYU DAMAR LAUT (*SHOREA SP*) DAN MERBAU (*INTSIA SP*) TERHADAP LOGAM Pb(II)

Ibnu Khaldun*, Aristia, dan Faucut Sarah

Program Studi Pendidikan Kimia FKIP Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111

*Corresponding Author: ibnukhdn@yahoo.com

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi kemampuan daya serap serbuk gergaji kayu damar laut (*Shorea sp*) dan merbau (*Intsia sp*) terhadap logam Pb(II) dari larutan, dan mempelajari pengaruh kondisi percobaan seperti pH larutan, waktu kontak, jumlah adsorben dan konsentrasi adsorbat. Efisiensi adsorpsi maksimum berturut-turut sebanyak 95,72% pada pH 4 dan 98,78% pada pH 5 oleh damar laut (*Shorea sp*) dan kayu merbau (*Intsia sp*). Adsorpsi timbal oleh kedua adsorben meningkat dengan bertambahnya waktu dan pH (dari 1 hingga 5) dan menurun dengan menurunnya kekuatan ion. Data kesetimbangan dikorelasikan dengan isotherm Langmuir dan Freundlich. Kapasitas adsorpsi maksimum berdasarkan isotherm Langmuir untuk serbuk kayu damar laut dan kayu merbau berturut-turut sebesar 45,45 mg/g dan 14,706 mg/g dan berdasarkan isotherm Freundlich sebesar untuk serbuk kayu damar laut dan kayu merbau berturut-turut sebesar 1,2475 mg/g dan 1,616 mg/g. Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa model Langmuir adalah yang terbaik.

Kata kunci: Adsorpsi, damar laut, merbau, isotherm, serbuk gergaji.

Abstract. The aim of this work is to investigate the performance of damar laut (*Shorea sp*) and merbau (*Intsia sp*) sawdust for the adsorption of lead(II) from aqueous solutions, and to study the influence of the operating conditions such as solution pH, contact time, amount of adsorbent, and concentration of adsorbate. The maximum adsorpsi efficiencies were 95.72% for damar laut (*Shorea sp*) at pH 4 and 98.78% for kayu merbau (*Intsia sp*) at pH 5. The adsorption of lead by both sorbents increased with an increase in contact time and pH (from 1 to 5) and decreased with an increase in ionic strength. The equilibrium data has been correlated with both Langmuir and Freundlich isotherms. The maximum adsorption capacity of the sawdust evaluated by Langmuir adsorption model by damar laut (*Shorea sp*) and merbau (*Intsia sp*) sawdust was 45.45 mg/g and 14.706 mg/g respectively and by Freundlich adsorption model by damar laut (*Shorea sp*) and merbau (*Intsia sp*) sawdust was 1.2473 mg/g and 1.616 mg/g respectively. The results indicate that the Langmuir model fits the data better.

Keywords: adsorption, *Shorea sp*, *Intsia sp*, Isotherms, Sawdust.

PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan oleh logam berat menjadi permasalahan yang serius seiring penggunaan logam berat di bidang industri yang semakin meningkat. Salah satu logam berat yaitu ion Pb(II), Kadar maksimum Pb pada perairan yang masih diperbolehkan oleh WHO adalah kurang dari 0,01 ppm (Ensafi dan Shiraz 2008). Sedangkan kadar maksimum Pb dalam air minum menurut SNI 01-3553-2006 sebesar 0,005 ppm. Untuk menurunkan kadar logam berat dalam air limbah dapat dilakukan dengan berbagai metode seperti metode pengendapan, evaporasi, ekstraksi elektrolisis, penguapan, osmosis, pertukaran ion dan adsorpsi (Jang-Soon, dkk., 2010).

Dari beberapa metode tersebut, pada penelitian ini digunakan metode absorpsi menggunakan serbuk gergaji kayu. Pada serbuk gergaji kayu terdapat senyawa kimia berupa selulosa, hemiselulosa dan lignin yang memiliki gugus fungsi -OH. Gugus ini dapat berfungsi sebagai adsorben (Crini, 2005). Proses adsorpsi ion Pb(II) telah dilakukan menggunakan serbuk gergaji kayu meranti (Ahmad, dkk., 2009), kitosan (Cui, dkk., 2013), mangrove (Abas, dkk., 2015) dan sekam padi (Nurhasni, dkk., 2014). Namun penggunaan serbuk gergaji kayu damar laut (*Shorea sp*) dan merbau (*Intsia sp*)

belum pernah dilaporkan. Kedua jenis kayu ini banyak digunakan sebagai bahan dasar pembuatan kusen, pintu, jendela, panel, mebel, badan truk, lantai, ukiran kerajinan tangan dan alat-alat perabotan rumah tangga lainnya. Oleh sebab itu, limbah kayu damar laut (*Shorea sp*) dan merbau (*Intsia sp*) mudah didapatkan.

METODE

Alat-alat yang digunakan adalah Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), *magnetic stirrer*, pH meter, neraca analitik, ayakan 150 mesh, dan alat-alat gelas lainnya. Bahan-bahan yang digunakan adalah serbuk gergaji kayu damar laut (*Shorea sp*), merbau (*Intsia sp*), $Pb(NO_3)_2$ 1000 ppm, NaOH 0,1 N, HCl 0,1 N, NaOH 2 N, HCl 2 N, kertas saring, dan aquades. Limbah kayu damar laut (*shorea sp*) diperoleh dari panglung kayu di Lamgugob, Banda Aceh, sedangkan limbah kayu merbau (*Intsia sp*) diperoleh dari panglung kayu di daerah Aceh Timur.

Prosedur Penelitian

a) Persiapan Adsorben

Diambil serbuk gergaji kayu damar laut (*Shorea sp*) sebanyak 800 gram kemudian dicuci terus-menerus menggunakan air kran dan dibilas dengan aquades. Adsorben dikeringkan menggunakan oven. Selanjutnya adsorben dihaluskan menggunakan blender dan diayak menggunakan ayakan 150 mesh. Dilakukan hal yang sama untuk kayu merbau (*Intsia sp*). Selanjutnya serbuk gergaji diaktivasi masing-masing dengan larutan NaOH 2N dan HCl 2N setelah itu dicuci dengan aquades hingga pH mendekati 7.

b) Pembuatan Larutan Stok Pb(II)

Dilartukan 1,5984 g $Pb(NO_3)_2$ dalam 1 L larutan. Larutan Pb(II) 1000 ppm diencerkan menjadi 50 ppm sebagai konsentrasi awal larutan. Selanjutnya pengenceran juga dilakukan untuk konsentrasi 100, 150, 200 dan 300 ppm.

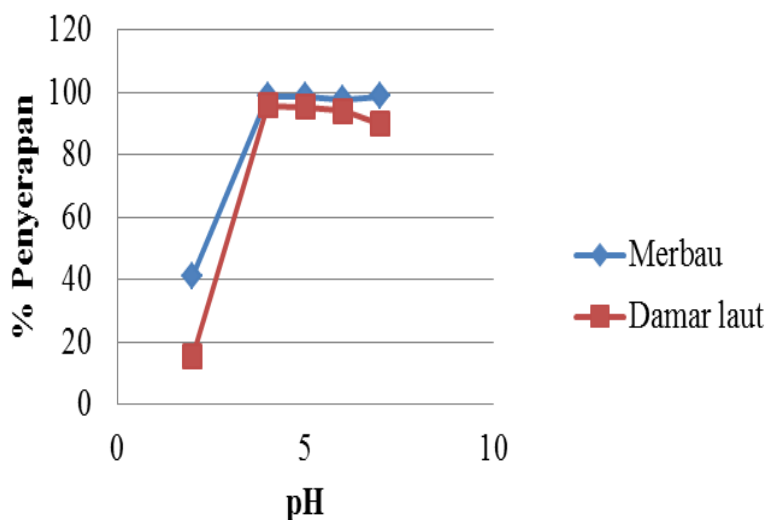
c) Studi Adsorpsi

Sebanyak 25 mL larutan $Pb(NO_3)_2$ 50 ppm dimasukkan ke dalam gelas kimia kemudian ditambahkan NaOH atau HCl 0,1 N untuk menyesuaikan dengan variasi pH yaitu 2, 4, 5, 6 dan 7. Selanjutnya dimasukkan 1 gram serbuk gergaji kayu damar laut (*Shorea sp*) dan campuran diaduk menggunakan stirrer dengan kecepatan 350 rpm; waktu 30 menit. Setelah itu, campuran disaring kemudian filtrat ion Pb(II) yang diperoleh diukur menggunakan AAS. Dilakukan hal yang sama untuk kayu merbau (*Intsia sp*). Variabel dalam penelitian ini yaitu waktu kontak (15, 30, 40, 60 dan 80 menit), perbandingan massa adsorben, kecepatan pengadukan, dan konsentrasi awal ion Pb(II) dalam larutan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh pH

Berdasarkan Gambar 1 dapat diketahui bahwa penyerapan ion Pb(II) paling besar terjadi pada pH 4 untuk kayu damar laut (*Shorea sp*), sedangkan untuk kayu merbau (*Intsia sp*) diperoleh pada pH 5 dengan persen penyerapan yaitu 95,72% dan 98,78%.

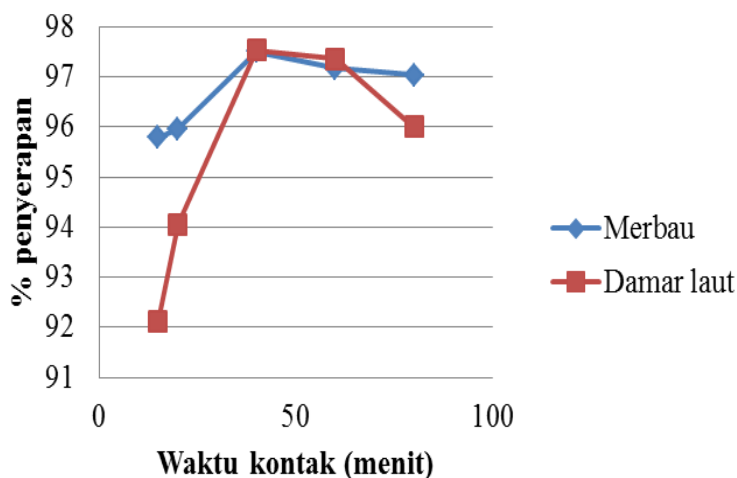


Gambar 1. Pengaruh pH larutan terhadap penyerapan ion Pb(II)

Pada pH asam penyerapan ion Pb(II) intensif berkurang karena situs positif pada permukaan adsorbennya cenderung tinggi, sehingga terjadi kompetisi antara ion Pb^{2+} dengan H_3O^+ untuk berikatan dengan situs negatif pada permukaan adsorben (Bashyal, dkk., 2010). Sedangkan pada pH basa dapat menyebabkan reaksi antara ion Pb^{2+} dan OH^- , sehingga membentuk endapan $Pb(OH)_2$ (Sulistiyawati (2008) dalam Baidho, dkk., 2013). Endapan ini dapat menghalangi proses adsorpsi yang berlangsung.

Pengaruh Waktu Kontak

Penelitian ini dilakukan pada kondisi optimum dengan variasi waktu kontak 15, 30, 40, 60 dan 80 menit. Berikut grafik efisiensi penyerapan ion Pb(II). Berdasarkan Gambar 2. dapat diketahui bahwa penyerapan ion Pb(II) dengan adsorben serbuk gergaji kayu damar laut (*Shorea sp*) dan merbau (*Intsia sp*) paling besar terjadi pada waktu kontak 40 menit dengan persen penyerapan masing-masing yaitu 97,5 dan 97,5%. Pada waktu kontak 60 sampai 80 menit persen penyerapannya menurun. Penurunan ini disebabkan oleh tidak stabilnya ikatan ion Pb(II) sehingga sebagian kecil dari partikel Pb(II) ada yang terlepas kembali (Wulandari, dkk., 2014).



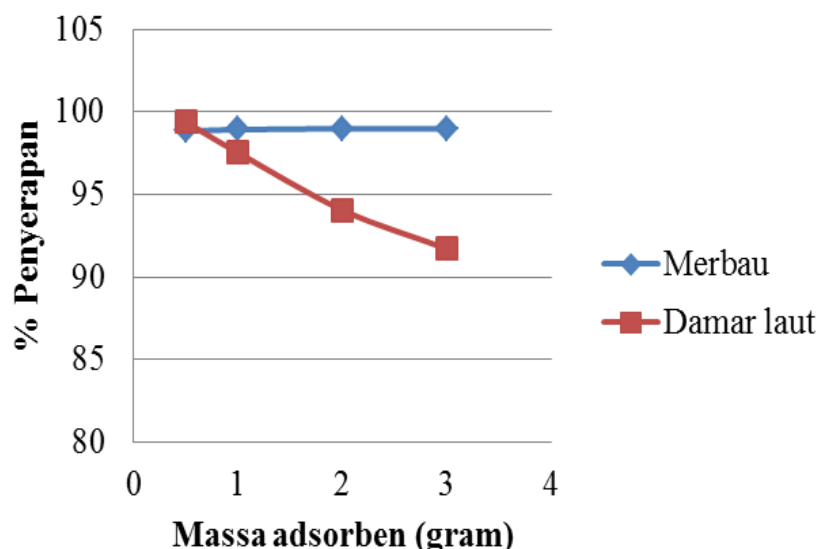
Gambar 2. Pengaruh waktu kontak terhadap penyerapan ion Pb(II)

Pada pengaruh waktu kontak, adsorpsi dapat terjadi dalam 2 fase tahapan. Fase pertama merupakan fase cepat yang memungkinkan tersedianya tempat aktif dimana terjadinya

ikatan ion Pb(II) dengan permukaan adsorben. Sedangkan fase lambat dengan waktu kontak yang lama tidak menghasilkan proses adsorpsi yang optimal karena terjadi proses difusi ion Pb(II) ke dalam adsorben (Kostic, dkk., 2013).

Pengaruh Massa Adsorben

Penelitian ini dilakukan pada variasi massa adsorben 0,5, 1, 2 dan 3 gram. Parameter lainnya yang digunakan yaitu konsentrasi awal ion Pb(II) 52,58, 80 ppm; pH optimum; waktu kontak optimum dan kecepatan pengadukan 350 rpm. Berikut grafik efisiensi penyerapan ion Pb(II).

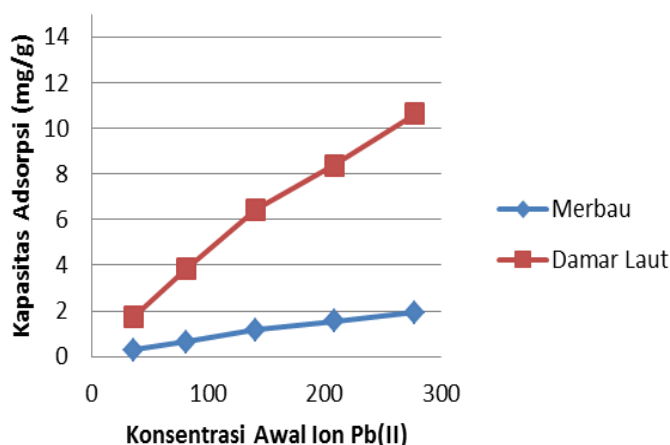


Gambar 3. Pengaruh massa adsorben terhadap penyerapan ion Pb(II)

Berdasarkan Gambar 3 ditunjukkan bahwa penyerapan paling besar terjadi pada massa adsorben 0,5 gram untuk adsorben kayu damar laut (*Shorea sp*) dan 3 gram untuk kayu merbau (*Intsia sp*) dengan persentase penyerapan masing-masing sebesar 99,38% dan 98,99%. Berdasarkan penelitian Demirbas, dkk. (2004) menunjukkan bahwa, jika massa adsorben semakin besar, waktu kontak yang diperlukan untuk mencapai kesetimbangan juga semakin lama, sehingga kapasitas adsorpsinya semakin kecil. Penelitian yang dilakukan Tahiruddin dan Rahman (2013), peningkatan massa adsorben menyebabkan luas permukaan adsorben yang tersedia untuk adsorpsi semakin tinggi sehingga efisiensi penyerapan semakin tinggi. Perbedaan hasil massa adsorben dapat terjadi disebabkan oleh kondisi lingkungan pada saat proses adsorpsi seperti kondisi pH dan karakteristik adsorben yang digunakan.

Pengaruh Konsentrasi Ion Pb(II)

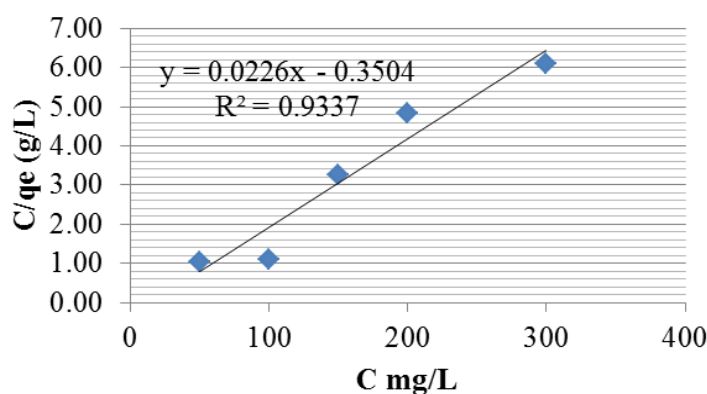
Penelitian ini dilakukan memvariasikan konsentrasi awal ion Pb(II) yaitu 50, 100, 150, 200 dan 300 ppm. Adsorpsi dilakukan pada kondisi optimum yang telah diperoleh sebelumnya. Berdasarkan Gambar 4 ditunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi berdasarkan pengaruh konsentrasi awal Pb(II) terus meningkat. Menurut Prasetiowati, dkk., (2014) semakin besar konsentrasi adsorbat maka semakin banyak pula adsorbat yang akan teradsorpsi sehingga kapasitas adsorpsi juga semakin meningkat. Meningkatnya konsentrasi ion logam juga dapat menyebabkan efisiensi penyerapan menjadi berkurang karena kemampuan serapannya telah mencapai keadaan optimum.



Gambar 4. Kapasitas adsorpsi konsentrasi awal terhadap penyerapan ion Pb(II)

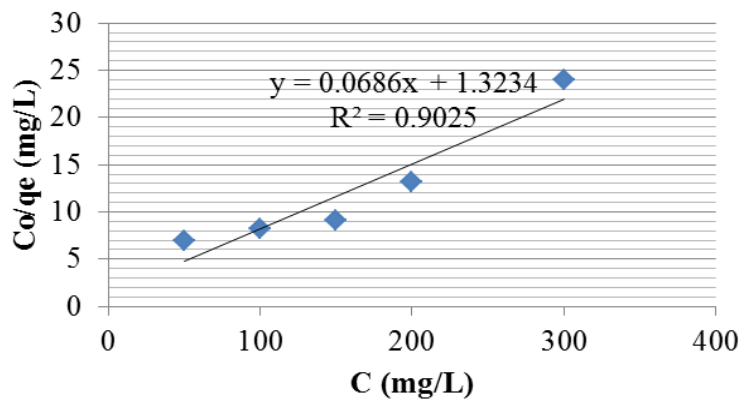
Isoterm Adsorpsi

Berikut kurva isoterm Langmuir untuk adsorben kayu damar laut (*Shorea sp*) yang diperoleh dengan memplotkan C sebagai absis dan C/q_e sebagai ordinat. Gambar 6 menunjukkan bahwa grafik linier yang diperoleh dengan persamaan $y = 0,022x - 0,350$ dengan $R^2 = 0,933$. Jika nilai R^2 yang diperoleh mendekati 1, maka hasil yang diperoleh sudah linear atau baik (Prasad, dkk., 2009). Dari hasil perhitungan $y = 0,022x - 0,350$ kapasitas adsorpsi maksimum ion Pb(II) adalah 45,45 mg/g sedangkan nilai konstanta isoterm Langmuir yang diperoleh yaitu $6,286 \times 10^{-2}$. Nilai konstanta isoterm ini menunjukkan afinitas antara biomassa dengan logam berat, dimana semakin besar nilai konstanta kesetimbangan, maka semakin besar juga afinitas adsorben terhadap logam berat (Wulandari, dkk., 2014).



Gambar 5. Kurva isoterm Langmuir adsorpsi ion Pb(II) oleh serbuk kayu damar laut

Gambar isoterm Langmuir untuk adsorben kayu merbau (*Intsia sp*) dapat dilihat secara jelas pada Gambar 6.

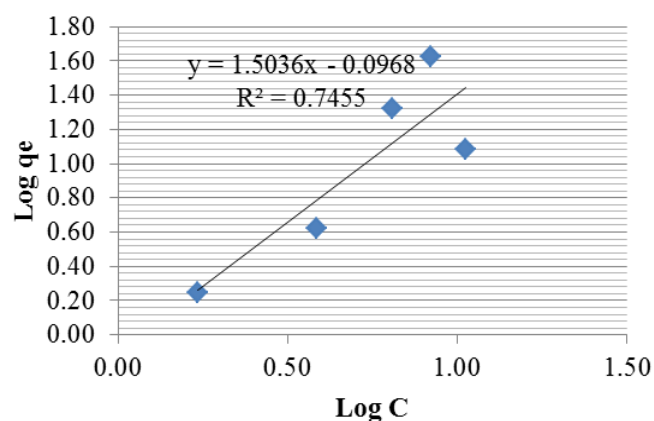


Gambar 6. Kurva isoterm Langmuir untuk adsorpsi ion Pb(II) oleh serbuk kayu merbau

Berdasarkan persamaan $y = 0,068x + 1,323$ dengan nilai $R^2 = 0,902$ maka diperoleh kapasitas adsorpsi sebesar 14,706 mg/g dan konstanta kesetimbangan yaitu 0,052. Nilai kapasitas adsorpsi menunjukkan kemampuan adsorben dalam menyerap konsentrasi ion Pb(II) per gram adsorben sebesar 14,706 mg/g.

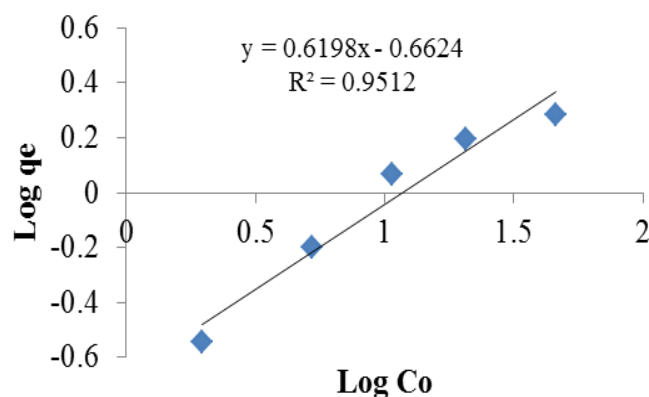
Model Isoterm Freundlich

Isoterm Freundlich merupakan proses adsorpsi yang bersifat multilayer atau banyak lapisan dan terjadi secara fisorpsi. Berikut kurva isoterm Freundlich untuk adsorben kayu damar laut (*Shorea sp*) yang diperoleh dengan memplotkan Log C sebagai absis dan Log q_e sebagai ordinat. Gambar 8 menunjukkan bahwa grafik linear yang diperoleh yaitu $y = 1,503x - 0,096$ dan $R^2 = 0,745$. Dari hasil perhitungan $y = 1,503x - 0,096$ diperoleh kapasitas adsorpsi maksimum ion Pb(II) adalah 1,2473 mg/g sedangkan nilai konstanta isoterm Freundlich yang diperoleh yaitu 0,6653. Berdasarkan grafik linearitas yang baik diperoleh pada isoterm Langmuir dengan koefisien korelasi isotherm 0,933. Nilai R^2 Langmuir lebih besar dari Freundlich, hal ini juga menunjukkan bahwa model isoterm Langmuir sesuai dengan proses adsorpsi ion Pb(II) dengan serbuk gergaji kayu damar laut (*Shorea sp*). Adsorpsi ion Pb(II) bersifat monolayer dan memiliki situs aktif yang hanya dapat menampung satu ion teradsorpsi pada permukaan adsorben. Jika semua situs aktif telah mengikat adsorbat, maka proses adsorpsi akan berhenti dan telah mengalami kesetimbangan karena interaksi ion Pb(II) dengan adsorben hanya pada lapisan tunggal atau monolayer (Prasetiowati, 2014).



Gambar 7. Kurva isoterm Freundlich adsorpsi ion Pb(II) oleh serbuk kayu damar laut

Gambar isoterm Freundlich untuk adsorben kayu merbau (*Intsia sp*) dapat dilihat pada Gambar 8 berikut. Berdasarkan persamaan $y = 0,619x - 0,662$ dengan $R^2 = 0,951$ maka diperoleh kapasitas adsorpsi sebesar 1,616 mg/g dan konstanta kesetimbangan yaitu 0,218. Berdasarkan grafik linearitas yang baik diperoleh, nilai R^2 Freundlich lebih besar dari Langmuir, hal ini juga menunjukkan bahwa model isoterm Freundlich sesuai dengan proses adsorpsi ion Pb(II) dengan serbuk gergaji merbau (*Intsia sp*). Dari grafik isoterm adsorpsi diperoleh bahwa daya adsorpsi serbuk gergaji kayu merbau lebih tinggi dibandingkan dengan serbuk gergaji kayu damar laut.



Gambar 8. Kurva isoterm Freundlich adsorpsi ion Pb(II) oleh serbuk kayu merbau

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dapat disimpulkan bahwa serbuk gergaji kayu damar laut dan merbau dapat digunakan sebagai adsorben karena dapat mengadsorpsi ion Pb(II). Penyerapan ion Pb(II) menggunakan serbuk gergaji kayu damar laut terjadi pada pH 4, waktu kontak 40 menit, massa adsorben 0,5 g, kecepatan pengadukan 125 rpm dan konsentrasi awal ion Pb(II) 300 ppm. Serbuk gergaji kayu merbau memiliki daya adsorpsi lebih tinggi dibandingkan dengan serbuk gergaji kayu damar laut dilihat dari hasil isoterm adsorpsinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abas, S.N.A., Ismail, M.H.S., Siajam, S.I., & Kamal, M.L., 2015. Development of Novel Adsorbent-Mangrove-Alginate Composite Bead (MACB) for Removal of Pb(II) from Aqueous Solution. *Journal of Taiwan Institute of Chemical Eng.*, 50: 182-189.
- Ahmad, A., Chii, Y.Y., Ibrahim, M.H., Rafatullah, M., Siddique, B.M., & Sulaiman, O. 2009. Removal Of Cu(II) And Pb(II) Ions From Aqueous Solutions By Adsorption On Sawdust Of Meranti Wood. *Desalination*, 247: 636-646.
- Bashyal D, Homagai, P.L, & Ghimire KN.2010. Removal of Lead from Aqueous Medium Using Xanthate Modified Apple Juice Residue. *Journal of Nepal Chemical Society*, 26: 53-60.
- Baidho, Z.E., Lajuardy, T., Rohmania, S., & Hartati, I. 2013. Adsorpsi Logam Berat Pb Dalam Larutan Menggunakan Senyawa Xanthate Jerami Padi. *Prosiding SNST*. Semarang: Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim.
- Crini, G. 2005. Recent Developments in Polysaccharide-Based Materials Used as Adsorbents in Wastewater Treatment. *Prog. Polym. Sci.*, 30: 38-70.
- Cui, H., Chen, J., Yang, H., Wang, W., Liu, Y., Zou, D., Liu, W., & Men, G. 2013. Preparation and Application of Aliquat 336 Functionalized Chitosan Adsorbent for the Removal of Pb(II). *Chemical Engineering Journal*, 232: 372-379.

- Demirbas, E., Kobya, M., Senturk, E., & Ozkan, T. 2004. Adsorption Kinetics for The Adsorption of Chromium (VI) from Aqueous on The Solutions on The Activated Carbons Prepared from Agricultural Wastewater. *SA.*, 30: 533-540.
- Ensafi A.A., & Shiraz, A.Z. 2008. On-line Separation and Preconcentration of Lead (II) by Solid Phase Extraction Using Activated Carbon Loaded With Xylanol Orange and Its Determination by Flame Atomic Absorption Spectroscopy. *J Hazard Mater*, 150: 554-559.
- Jang-Soon, K., Taek-Yun, S., Hwa-Lee, J., Oh-Kim, S., & Young-Jo, H. 2010. Removal of Divalent Heavy Metals (Cd, Cu, Pb, And Zn) And Arsenic(III) from Aqueous Solutions Using Scoria: Kinetics and Equilibria of Sorption. *Journal of Hazardous Materials*, 174: 307-313.
- Kostic, M., Mitrovic, J., Radovic, M., Ljupkovic, R., Krstic, N., Bojic, D., & Bojic, A. 2013. Using Xanthated *Lagenaria vulgaris* Shell Biosorbent for Removal of Pb(II) Ions from Wastewater. *Journal of Iran Chem. Soc.*, 1-16.
- Nurhasni, Hendrawati, & Sanjaya, N. 2014. Sekam Padi untuk Menyerap Ion Logam Tembaga dan Timbal dalam Air Limbah. *Valensi*, 4(1): 130-138.
- Prasad, A.G.D. & Abdullah, M.A. 2009. Biosorption of Fe(II) from Aqueous Solution Using Tamarind Bark and Potato Peel Waste: Equilibrium and Kinetics Studies. *Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation*. 4(3): 273-282.
- Prasetyowati, Y. & Toeti, K. 2014. Kapasitas Adsorpsi Bentonit Teknis Sebagai Adsorben Ion Cd²⁺. *UNESA Journal of Chemistry*, 3(3): 194-200.
- Tahiruddin, N.S.M. & Rahman, S.Z.A. 2013. Adsorption of Lead in Aqueous Solution by A Mixture of Activated Charcoal and Peanut Shell. *Journal of Science and Technology Research*, 1(5): 102-109.
- Wulandari, Y., Kurniasari, L., & Riwayati, I. 2014. Adsorpsi Logam Timbal Menggunakan Ketela Rambat (*Ipomoea batatas L*). *Prosiding SNST ke-5*. Semarang : 75-80.