

Adsorpsi Pb (II) Oleh Arang Aktif dari Tumbuhan Mangrove *Avicennia marina*

Rina Andayani¹, Yuli Ainun Najih²

¹Bagian Kimia Farmasi, Prodi Farmasi, Fakultas Kedokteran,
Universitas Hang Tuah, Surabaya, Indonesia

²Bagian Farmasetika, Prodi Farmasi, Fakultas Kedokteran,
Universitas Hang Tuah, Surabaya, Indonesia

Korespondensi: rina.andayani@hangtuah.ac.id

Abstrak

Logam berat adalah zat yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Logam berat biasa ditemui dalam bentuk ion terlarut. Salah satu jenis dari logam berat tersebut adalah timbal (Pb (II)). Salah satu cara untuk mengurangi kandungan Pb (II) adalah dengan proses adsorpsi dengan menggunakan arang aktif. Beberapa bahan dari alam telah diteliti sebagai bahan arang aktif untuk adsorpsi logam berat Pb (II), antara lain cangkang kelapa sawit, kulit singkong, sabut siwalan, dan bambu. Tumbuhan mangrove *Avicennia marina* merupakan spesies yang cukup banyak tersedia di Surabaya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa proses adsorpsi arang aktif dari tumbuhan mangrove *Avicennia marina* terhadap logam berat Pb (II). Metode yang digunakan meliputi tiga tahap yaitu (1) pengarangan/karbonisasi; (2) aktivasi arang; (3) adsorpsi Pb (II). Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa proses aktivasi arang menjadi arang aktif dengan menggunakan activator $ZnCl_2$ dapat membuka pori-pori yang terdapat pada permukaan arang, sehingga arang aktif dapat mengadsorpsi Pb. Semakin besar konsentrasi awal akan mengakibatkan menurunnya % adsorpsi dengan jumlah adsorben yang sama. Proses adsorpsi isothermal Pb (II) oleh arang aktif dari tumbuhan mangrove *Avicennia marina*, lebih mengikuti model adsorpsi isothermal Langmuir dimana memiliki nilai $R^2 = 0,9968$, sedangkan untuk model adsorpsi isotherm Freudlinch memiliki nilai $R^2 = 0,9474$.

Kata Kunci: adsorpsi, Pb, arang aktif, *Avicennia marina*

Abstrack

Heavy metals are substances that are harmful to human health. Heavy metals are usually found in the form of dissolved ions. One type of heavy metal is lead (Pb (II)). One way to reduce the Pb (II) content is by using the adsorption process using activated charcoal. Several materials from nature have been studied as materials of active charcoal for adsorption of heavy metal Pb (II), including oil palm shells, cassava peels, siwalan coir, and bamboo. Avicennia marina mangrove plant is a species that is quite widely available in Surabaya. This study aimed to analyze the adsorption process of activated charcoal from mangrove Avicennia marina against heavy metal Pb (II). The method used includes three stages, namely (1) carbonization; (2) charcoal activation; (3) adsorption of Pb (II). From the research that has been done, it could be concluded that the activation process of charcoal into activated charcoal using $ZnCl_2$ activator can open the pores on the surface of the charcoal, so that activated charcoal can adsorb Pb. The greater the initial concentration, the lower the adsorption% with the same amount of adsorbent. The process of Pb (II) isothermal adsorption by activated charcoal from the mangrove Avicennia marina, more closely follows the Langmuir isothermal adsorption model which had a value of $R^2 = 0.9968$, while for the Freudlinch isotherm adsorption model had a value of $R^2 = 0.9474$.

Keywords: adsorption, Pb, activated charcoal, *Avicennia marina*

PENDAHULUAN

Logam berat adalah zat yang berbahaya bagi makhluk hidup, khususnya terhadap kesehatan manusia. Logam berat biasa ditemui dalam bentuk ion terlarut. Salah satu jenis dari logam berat tersebut adalah timbal (Pb (II)). Pantai Kenjeran merupakan pantai yang terletak di Timur Surabaya. Aktivitas manusia di sekitar pesisir Pantai Kenjeran menghasilkan limbah yang mencemari perairan Kenjeran. Limbah tersebut antara lain berasal dari limbah rumah tangga, limbah industri maupun limbah dari aktivitas kapal-kapal yang keluar-masuk pelabuhan perikanan (TPI). Salah satu komponen polutan yang mencemari perairan tersebut adalah logam berat Pb. Kandungan logam berat Pb dalam sedimen di perairan Pantai Kenjeran Surabaya adalah berkisar 1,7034 - 13,5933 mg/Kg (Hutomo dkk., 2016)

Salah satu cara untuk mengurangi kandungan Pb (II) adalah dengan proses adsorpsi. Arang aktif merupakan adsorben alami yang telah cukup banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang kehidupan. Arang aktif adalah arang yang telah diaktivasi. Aktivasi arang aktif dilakukan secara kimia atau secara fisika. Arang aktif mampu menyerap logam berat karena memiliki ruang pori yang sangat banyak yang dapat menyerap partikel – partikel yang akan diserap (Irmanto dkk., 2010).

Semua bahan yang terkandung karbon didalamnya dapat dipergunakan sebagai bahan baku pembuatan arang aktif. Beberapa bahan dari alam telah diteliti sebagai bahan arang aktif untuk adsorpsi logam berat Pb (II), antara lain cangkang kelapa sawit (Gultom dkk., 2014), kulit singkong (Deviyanti dkk., 2014), sabut siwalan (Nafi'ah, 2016), dan bambu (Widayanto dkk., 2017). Indonesia merupakan negara dengan hutan mangrove terluas di dunia. Pada penelitian ini dipergunakan kayu tumbuhan mangrove *Avicennia marina*, karena species mangrove tersebut banyak tumbuh di pantai timur Surabaya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa proses adsorpsi arang aktif yang dibuat dari tumbuhan mangrove *Avicennia marina* terhadap logam berat Pb (II).

METODE PENELITIAN

Bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini, yaitu kayu tumbuhan mangrove *Avicennia marina* dari hutan mangrove pantai timur Surabaya, aquades, $ZnCl_2$ (*for analysis*) (Merck), dan $Pb(NO_3)_2$ (*for analysis*) (Merck). Peralatan yang dipergunakan dalam penelitian ini antara lain oven, timbangan analitik, beaker glass, gelas ukur, corong kaca, erlenmeyer, labu ukur, *stirrer*, *Scanning Electron Microscope* (SEM), dan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).

Pembuatan Arang

Kayu tumbuhan mangrove *Avicennia marina* yang telah terkumpul dipisahkan dari kotoran, dicuci, lalu dijemur di bawah sinar matahari selama 24 jam. Kayu yang telah kering kemudian dipotong-potong dan dipanaskan pada suhu 300°C selama 3-5 jam. Arang yang telah terbentuk kemudian diayak dengan saringan sehingga diperoleh arang berukuran 8 x 30 mesh.

Aktivasi Arang

Aktivasi arang dilakukan secara kimiawi yaitu dengan penambahan zat pengaktivasi. Dalam penelitian ini zat pengaktivasi yang dipergunakan adalah $ZnCl_2$. Arang direndam dalam larutan $ZnCl_2$ dengan perbandingan rasio massa $ZnCl_2$ /massa arang sebesar 2:1. Perendaman dilakukan selama 24 jam. Setelah itu, arang kemudian disaring, dicuci, dan dikeringkan dengan menggunakan oven.

Adsorpsi Pb (II)

Larutan Pb (II) dengan konsentrasi 100 hingga 500 ppm dibuat dengan cara melarutkan $Pb(NO_3)_2$ dalam aquades. Proses adsorpsi arang aktif terhadap Pb (II) dilakukan dengan cara menambahkan arang aktif sebanyak 1 gram ke dalam 50 ml larutan Pb (II). Konsentrasi Pb (II) yang terkandung dalam larutan dianalisis sebelum dan sesudah penambahan arang aktif. Analisis dilakukan dengan menggunakan mesin Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) pada panjang gelombang 283,3 nm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Arang Aktif

Arang yang telah diaktivasi dengan menggunakan larutan $ZnCl_2$ lalu dianalisa kadar air dan abunya. Hasil analisa kadar air dan abu dari arang aktif dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisa Kadar Air dan Abu Arang Aktif

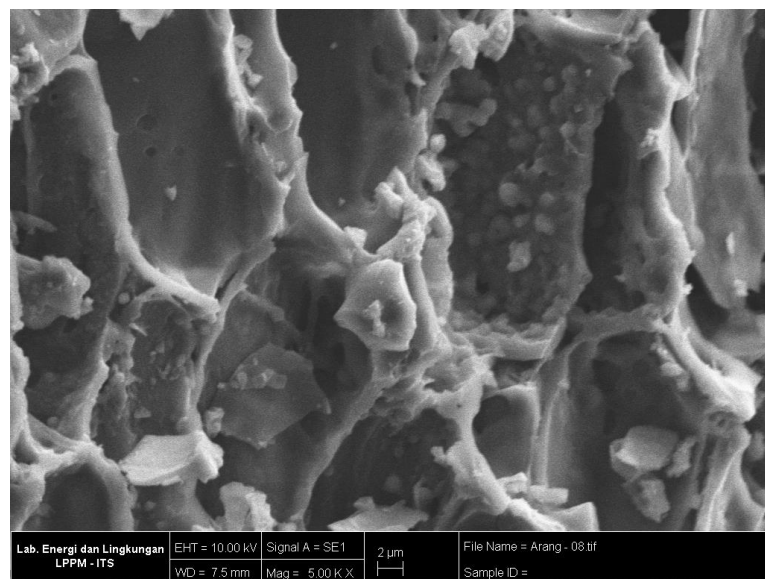
| Parameter | Persentase (%) |
|-----------|----------------|
| Kadar Air | 3,98 |
| Kadar Abu | 6,78 |

Kadar air dari arang aktif yang diperoleh telah memenuhi syarat mutu karbon aktif untuk butiran, sebagaimana yang tertera dalam SNI 06 – 3730 -1995, yaitu max 4,5%. Sedangkan untuk kadar abu belum memenuhi syarat yaitu max 2,5 %. Tingginya kadar

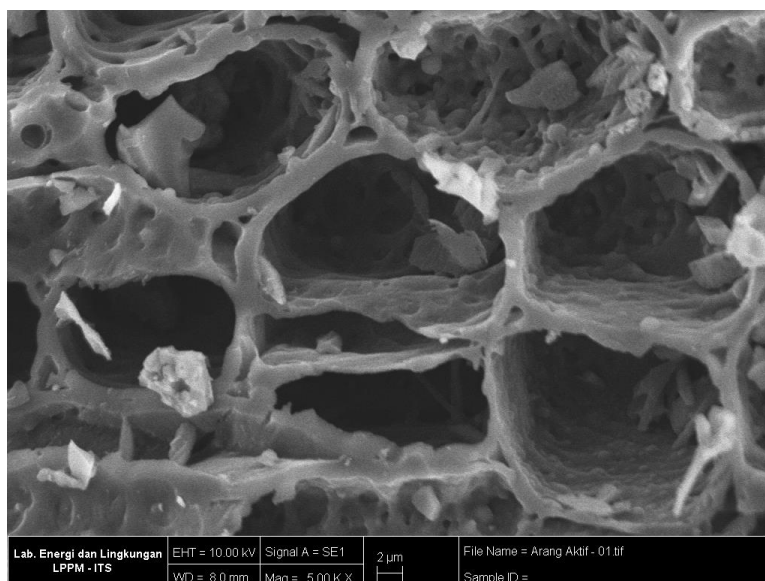
abu yang terdapat pada arang aktif dapat disebabkan karena pori-pori arang aktif terisi oleh mineral-mineral.

Selain dilakukan analisa terhadap kadar air dan abu dalam arang aktif, analisa juga dilakukan dengan SEM terhadap arang dan arang aktif. Hasil analisa SEM dapat dilihat pada Gambar 1.

Analisa SEM dilakukan untuk melihat struktur dari arang dan arang aktif. Dari hasil SEM dapat dilihat bahwa pada arang, pori-pori arang masih tertutup. Sedangkan pada arang aktif yang telah melalui proses aktivasi, sebagian besar pori-pori telah terbuka sehingga arang aktif dapat mengadsorpsi Pb.



(a)



(b)

Gambar 1. Hasil Analisa SEM Pembesaran 5000 x (a) Arang (b) Arang Aktif

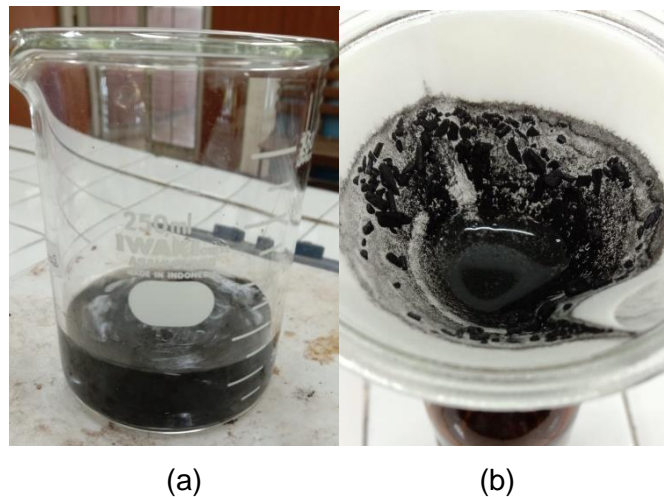
Adsorpsi Pb (II)

Larutan Pb dibuat dengan cara melarutkan $Pb(NO_3)_2$ dengan aquades. Pada penelitian ini dibuat larutan Pb dengan konsentrasi 100 hingga 500 ppm. Larutan yang telah dibuat dianalisa kadar Pb-nya dengan menggunakan SSA. Kadar Pb yang diperoleh dari hasil analisa SSA dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisa Kadar Pb Sebelum Adsorpsi

| Larutan | Kadar (ppm) |
|---------|-------------|
| A | 105 |
| B | 191 |
| C | 330 |
| D | 402 |
| E | 498 |

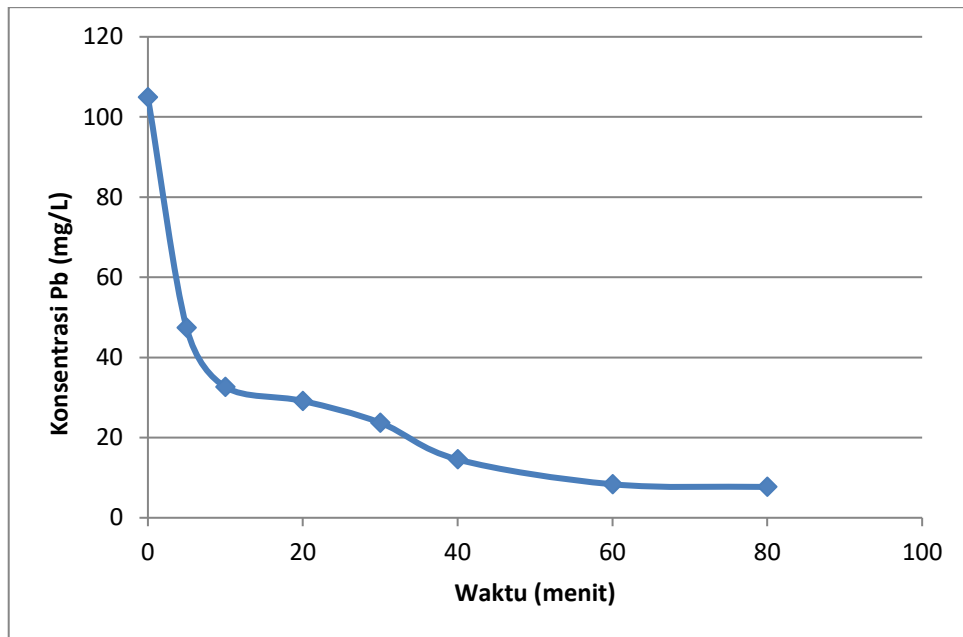
Proses adsorpsi Pb dilakukan terhadap larutan 105 ppm dengan cara menambahkan 1 gram arang aktif ke dalam 50 ml larutan Pb. Campuran diaduk dengan variasi waktu dari 5 hingga 80 menit. Campuran kemudian disaring dan filtratnya ditampung untuk kemudian dianalisa kadar Pb-nya dengan menggunakan SSA. Proses adsorpsi Pb dapat dilihat pada Gambar 2.



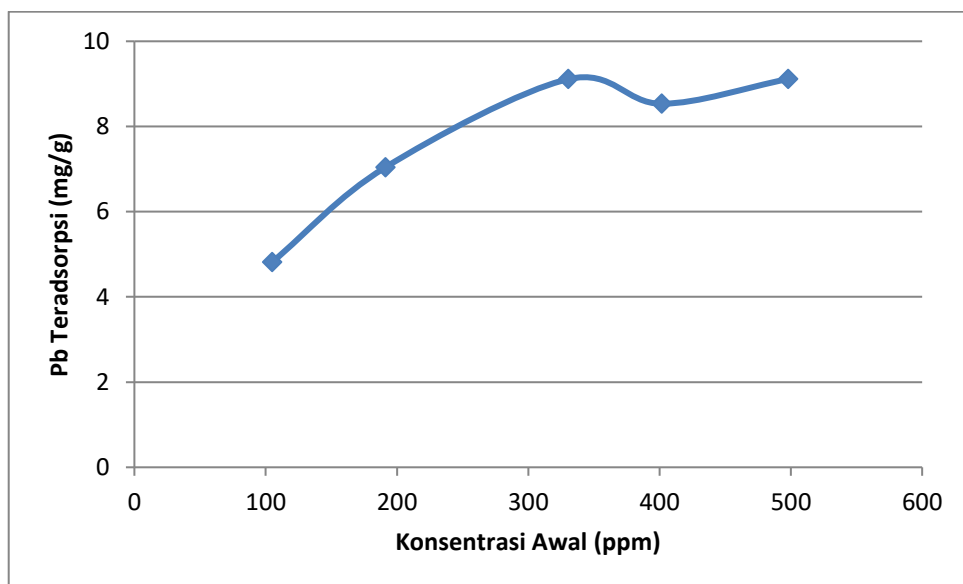
Gambar 2. Proses Adsorpsi Pb (a) Pengadukan (b) Penyaringan

Filtrat hasil proses adsorpsi Pb kemudian diukur kadar Pb nya dengan menggunakan SSA. Hasil pengukuran SSA dapat dilihat pada Gambar 3. Pada grafik dapat dilihat bahwa adsorpsi Pb terjadi dengan cepat pada fasa awal proses adsorpsi. Laju adsorpsi Pb kemudian berangsur berkurang hingga mencapai kesetimbangan

setelah 60 menit. Hal ini dapat dilihat dari nilai konsentrasi Pb yang tidak mengalami perubahan yang signifikan setelah 60 menit. Fenomena ini dapat disebabkan karena masih banyaknya pori arang aktif yang kosong pada fasa awal adsorpsi, diikuti dengan meningkatnya daya tolak akibat keberadaan ion yang teradsorpsi. Sehingga mengakibatkan proses adsorpsi menjadi semakin susah (Guo dkk., 2019 dan Huang dkk., 2014).



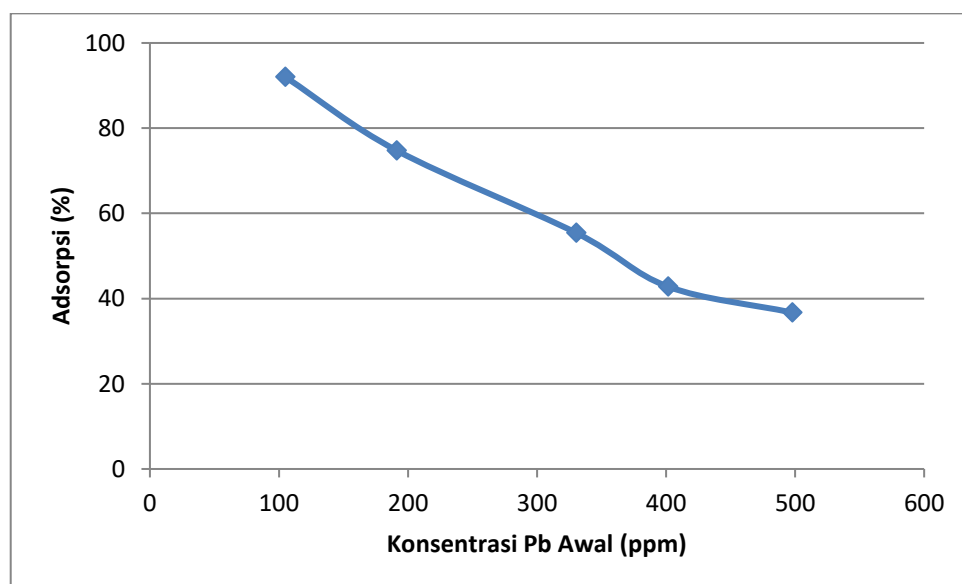
Gambar 3. Grafik Konsentrasi Pb Hasil Adsorpsi vs Waktu



Gambar 4. Grafik Pb Teradsorpsi vs Konsentrasi Awal

Proses adsorpsi kemudian dilakukan pada larutan Pb dengan berbagai konsentrasi awal, dari 100 hingga 500 ppm. Proses adsorpsi dilakukan selama 60 menit dengan pengadukan. Adsorpsi dilakukan selama 60 menit karena dari hasil tahap adsorpsi sebelumnya diperoleh bahwa kesetimbangan dicapai setelah adsorpsi berjalan selama 60 menit. Campuran kemudian disaring dan filtratnya diukur kadar Pb nya dengan menggunakan SSA. Dari hasil pengukuran kadar Pb dapat dihitung massa Pb yang teradsorpsi/g adsorben dan % adsorpsi. Grafik hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.

Dengan meningkatnya konsentrasi awal, massa Pb yang teradsorpsi pun meningkat sebagaimana yang tampak pada Gambar 4. Akan tetapi, terlihat pada Gambar 5 % adsorpsi mengalami penurunan dengan meningkatnya konsentrasi awal apabila digunakan jumlah adsorben yang sama. Hal ini diperkirakan terjadi karena situs aktif yang terdapat pada arang aktif mengalami kejenuhan serta terbatasnya kapasitas adsorpsi yang dimiliki oleh arang aktif. Peningkatan % adsorpsi dapat dilakukan salah satunya dengan cara menambah jumlah adsorben yang digunakan, sehingga tidak terjadi kejenuhan pada arang aktif.



Gambar 5. Grafik % Adsorpsi vs Konsentrasi Awal

Adsorpsi Isotermal

Mekanisme adsorpsi dapat dipelajari dengan menggunakan model adsorpsi. Pada penelitian ini adsorpsi dilakukan pada suhu tetap (isotermal). Terdapat beberapa model adsorpsi isotermal, akan tetapi yang umum digunakan adalah model adsorpsi

isotermal Freudlinch dan Langmuir. Persamaan Freudlinch dapat ditulis sebagai berikut (wijayanti dkk., 2019):

$$\text{Log } Q = \text{Log } k + \frac{1}{n} \text{Log } C_e \quad \dots(1)$$

Keterangan :

C_e = konsentrasi kesetimbangan adsorbat dalam larutan setelah adsorpsi (mg/L)

Q = jumlah adsorbat teradsorpsi per bobot adsorben (mg/g)

k = konstanta adsorpsi Freundlich

n = konstanta empiris

Sedangkan untuk persamaan Langmuir dapat ditulis sebagai berikut:

$$\frac{C_e}{Q} = \frac{1}{k} + \frac{1}{b} C_e \quad \dots(2)$$

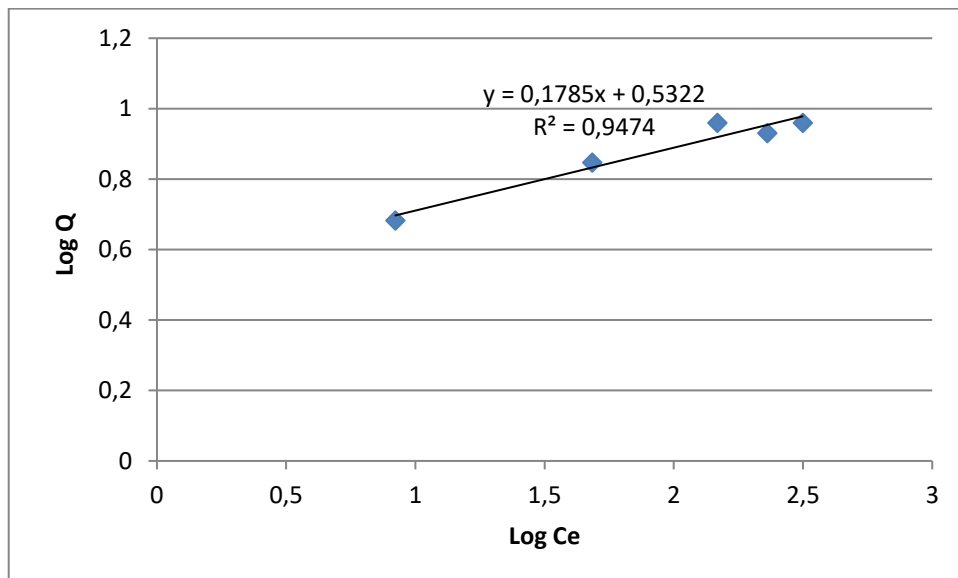
Keterangan :

C_e = konsentrasi kesetimbangan adsorbat dalam larutan setelah adsorpsi (mg/L)

Q = jumlah adsorbat teradsorpsi per bobot adsorben (mg/g)

k = konstanta kesetimbangan adsorpsi (L/g)

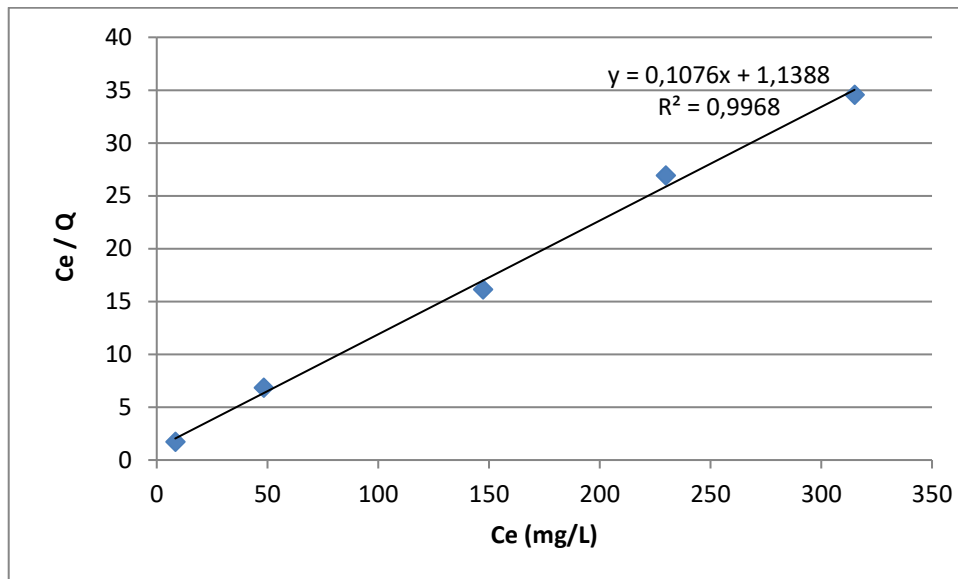
b = kapasitas adsorpsi maksimum dari adsorben (mg/g)



Gambar 6. Grafik Adsorpsi Isotermal Freudlinch

Untuk model adsorpsi isotermal Freudlinch, data adsorpsi Pb (II) yang diperoleh diplotkan sebagai Log Q vs Log C_e , sedangkan untuk model adsorpsi isotermal Langmuir, data adsorpsi diplotkan sebagai C_e/Q vs C_e . Kedua grafik tersebut kemudian diregresi linier untuk memperoleh persamaan Freundlinch dan Langmuir serta nilai koefisien relasi

(R^2) dari masing-masing persamaan tersebut. Grafik adsorpsi isotermal Freudlinch dan Langmuir dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Adsorpsi Isotermal Langmuir

Dari kedua gambar tersebut dapat dilihat bahwa untuk adsorpsi isoterm Freudlinch diperoleh persamaan : $y = 0,1785 x + 0,5322$ dengan nilai $R^2 = 0,9474$, sedangkan untuk adsorpsi isotermal Langmuir diperoleh persamaan : $y = 0,1076 x + 1,1388$ dengan nilai $R^2 = 0,9968$. Tampak bahwa model adsorpsi isotermal Langmuir memiliki nilai koefisien relasi (R^2) yang lebih besar dan mendekati 1. Hal ini menunjukkan bahwa untuk proses adsorpsi isotermal Pb (II) oleh arang aktif dari tumbuhan mangrove *Avicennia marina*, lebih mengikuti model adsorpsi isotermal Langmuir. Pada model adsorpsi isotermal Langmuir adsorpsi terjadi dalam satu lapisan (*monolayer*). Langmuir menggambarkan bahwa sisi aktif pada permukaan adsorben memiliki jumlah yang sebanding dengan luas permukaan. Tiap sisi aktif hanya dapat mengadsorpsi satu molekul (Khoirunnisa, 2005).

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa proses aktivasi arang menjadi arang aktif dengan menggunakan aktivator $ZnCl_2$ dapat membuka pori-pori yang terdapat pada permukaan arang, sehingga arang aktif dapat mengadsorpsi Pb. Proses adsorpsi isotermal Pb (II) oleh arang aktif dari tumbuhan mangrove *Avicennia marina*, lebih mengikuti model adsorpsi isotermal Langmuir.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Hang Tuah Surabaya atas dana yang telah diberikan untuk pelaksanaan penelitian ini.

REFERENSI

- Deviyanti, Side, S. dan Herawati, N. 2014. Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Kulit Singkong terhadap Ion Logam Timbal (Pb^{2+}). *Jurnal Chemica*. Vol. 15. No. 2. pp. 58-65 (Desember 2014).
- Gultom, E. M., dan Lubis, M. T. 2014. Aplikasi Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit dengan Aktivator H_3PO_4 Untuk Penyerapan Logam Berat Cd dan Pb. *Jurnal Teknik Kimia USU*. Vol. 3. No. 1 (Maret 2014).
- Guo, J., Song, Y., Ji, X., Ji, L., Cai, L., Wang, Y., Zhang, H., Song, W. 2019. Preparation and Characterization of Nanoporous Activated Carbon Derived from Prawn Shell and Its Application for Removal of Heavy Metal Ions. *Materials*. Vol 12.
- Huang, Y; Li, S; Chen, J; Zhang, X; Chen, Y. 2014. Adsorption of Pb (II) on Mesoporous Activated Carbons Fabricated from Water Hyacinth Using H_3PO_4 Activation: Adsorption Capacity, Kinetics and Isotherm Studies. *Appl. Surf. Sci.* Vol 293.
- Hutomo, L.P., Wulandari, S. Y., Marwoto, J. 2016. Studi Sebaran Konsentrasi Logam Berat Pb dan Cu dalam Sedimen di Pantai Kenjeran Surabaya. *Journal of Oceanography*. Vol. 2. No. 2. pp. 277-285 (May 2016).
- Irmanto dan Suyata. 2010. Optimasi Penurunan Nilai BOD, COD dan TSS Limbah Cair Industri Tapioka Menggunakan Arang Aktif dari Ampas Kopi. *Molekul*. Vol. 5, pp. 22-32.
- Khoirunnisa, F. 2005. Kajian Adsorpsi dan Desorpsi $Ag(S_2O_3)_2^{3-}$ dalam Limbah Fotografi pada dan dari Adsorben Kitin dan Asam Humat Terimobilisasi pada Kitin. Tesis. Jurusan Ilmu Kimia, Fakultas Matematika dan Pengetahuan Alam, Program Pasca Sarjana: Universitas Gajah Mada.
- Nafi'ah, R. 2016. Kinetika Adsorpsi Pb (II) dengan Adsorben Arang Aktif dari Sabut Siwalan. *Jurnal Farmasi Sains dan Praktis*. Vol. 1. No. 2 (Februari 2016).
- Widayatno, T., Yulawati, T., Susilo, A., S. 2017. Adsorpsi Logam Berat (Pb) dari Limbah Cair dengan Adsorben Arang Bambu Aktif. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*. Vol. 1. No.1 (April 2017).
- Wijayanti, I. E. dan Kurniawati, E. A. 2019. Studi Kinetika Adsorpsi Isoterm Persamaan Langmuir dan Freundlich pada Abu Gosok sebagai Adsorben. *EduChemia*. Vol.4. No. 2. pp. 175-184.