

PEMANFAATAN DAUN MATOA (*Pometia pinnata*) SEBAGAI ADSORBEN LOGAM TIMBAL (Pb) DALAM AIR MENGGUNAKAN AKTIVATOR ASAM SITRAT (C₆H₈O₇)

Rizky Trihardhini

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang Km 14,5 Ngaglik, Sleman, Yogyakarta
Email : rizky_trihardhini@yahoo.com

ABSTRAK

Timbal merupakan salah satu logam berat dengan tingkat kontaminasi yang sangat beracun dan memiliki potensi yang sangat membahayakan bagi lingkungan. Pengolahan limbah timbal dalam air dapat dilakukan dengan metode adsorpsi menggunakan daun matoa (*Pometia pinnata*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas penyerapan daun matoa sebagai adsorben terhadap logam timbal dalam air. Metode yang digunakan adalah sistem batch dengan variasi massa optimum adsorben, pH optimum larutan, waktu kontak optimum, dan konsentrasi optimum larutan Pb(NO₃)₂. Daun matoa dimanfaatkan sebagai adsorben karena tersusun atas gugus karboksilat (-OH, NH₂, dan C=O) serta gugus CH₂ alifatik yang berperan dalam penyerapan ion Pb. Setelah percobaan didapatkan hasil pada adsorben daun matoa teraktivasi lebih optimal dalam menyerap logam timbal dengan massa optimum sebesar 0,05 gram, pH optimum dalam kondisi pH 6, waktu kontak optimum selama 120 menit, dan konsentrasi larutan Pb(NO₃)₂ 50 ppm. Serbuk daun matoa teraktivasi asam sitrat mempunyai kapasitas adsorpsi lebih besar dibandingkan dengan serbuk daun matoa murni (tidak diaktivasi) yaitu sebesar 139,3 mg/g. Maka dari itu, serbuk daun matoa sangat berguna untuk menyerap logam timbal dalam air, serta sangat efisien dalam segi biaya.

Kata kunci : Adsorpsi, daun matoa, timbal (Pb)

ABSTRACT

Lead is one of the heavy metals with highly toxic levels of contaminants and potentially cause harm for the environment. Sewage treatment of lead in water can be done by adsorption method using the matoa leaves (*Pometia Pinnata*). This research aims to determine the capacity of absorption of matoa leaves as adsorbents towards the metal lead in water. The method used in this study was batch system by using some parameters such as mass of adsorbent, pH of solution, contact time, and concentration of solution. Matoa leaves are used as adsorbents because composed of carboxylic functional groups (-OH, NH₂, and C=O) and CH₂ aliphatic moieties which play a role in the absorption of ions of Pb. The result of showed that the activated matoa leaf was better to adsorb metal lead in water with the optimum adsorbent mass 0.05 grams, the optimum pH of solution under the conditions of pH 6, optimum stirring time 120 minutes, and the optimum concentration of a solution of Pb (NO₃)₂ is 50 ppm. Matoa leaves powder activated citric acid has a greater adsorption capacity compared to pure matoa leaves powder (not activated) of 139.3 mg/g. Thus, the powder of matoa leaves are very useful to absorb the metal lead in water, and also very efficient in terms of costs.

Keyword : Adsorption, lead (Pb), matoa leaves

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Timbal (Pb) merupakan salah satu jenis logam berat yang memiliki tingkat toksisitas tinggi. Sumber utama timbal yang masuk ke lingkungan berasal dari limbah industri seperti industri baterai, industri bahan bakar, pengecoran maupun pemurnian dan industri kimia lainnya [1]. Upaya mengurangi pencemaran logam berat timbal (Pb) yang semakin meningkat di lingkungan, diarahkan pada penggunaan bahan yang mudah didegradasi. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah dengan metode adsorpsi [2].

Saat ini telah dikembangkan beberapa jenis adsorben untuk mengadsorpsi logam berat, salah satunya adalah dengan memanfaatkan selulosa. Selulosa memiliki gugus fungsi yang dapat melakukan pengikatan dengan ion logam yaitu gugus karboksil dan hidroksil. Selulosa terkandung pada daun, salah satunya adalah daun matoa. Matoa (*Pometia pinnata*) merupakan salah satu pohon penghasil buah asli Papua. Secara tradisional buah dan biji dimanfaatkan sebagai bahan pangan, sedangkan kayunya dimanfaatkan untuk bahan bangunan, mebel, ukir-ukiran, dan alat pertanian. Namun untuk daun matoa sampai saat ini belum ada pemanfaatan secara optimal.

Dengan adanya gugus karboksilat yang terkandung pada daun matoa dapat ditingkatkan dengan proses aktivasi menggunakan asam sitrat pada daun matoa. Ketika dipanaskan asam sitrat menghasilkan anhidrat reaktif yang dapat bereaksi dengan gugus hidroksil pada selulosa untuk menghasilkan ester. Sehingga gugus karboksil yang lain pada asam sitrat dapat digunakan untuk membentuk interaksi dengan kation [3]. Oleh karena itu, dengan adanya penelitian ini, daun matoa diharapkan dapat digunakan sebagai adsorben logam Pb dalam air dengan menggunakan aktivator asam sitrat ($C_6H_8O_7$).

Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui karakteristik daun matoa yang digunakan sebagai adsorben dengan menggunakan FTIR dan SEM/EDS.
2. Menentukan kondisi optimal (massa adsorben, pH larutan, waktu kontak dan konsentrasi larutan) untuk adsorpsi logam Pb dalam air.
3. Mengetahui kemampuan daya serap daun matoa untuk menurunkan konsentrasi kadar Pb dalam air yang mengandung Pb.
4. Mengetahui fungsi dari proses aktivasi adsorben daun matoa.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah Spektrofotometer Serapan Atom, oven listrik, neraca analitik, orbital shaker, pH digital, pH universal, ayakan 100 mesh, blender, FTIR, dan SEM/EDS. Bahan yang dipakai pada penelitian ini adalah daun matoa, larutan induk Pb 1000 ppm, larutan asam sitrat ($C_6H_8O_7$) 0,1 M, larutan HNO_3 0,1 M, NaOH 0,1 M, kertas saring Whatman No. 42, dan aquades.

Prosedur Penelitian

1. Pembuatan Adsorben Serbuk Daun Matoa

a. Tahap Preparasi Serbuk Daun Matoa

Daun matoa dicuci pada air mengalir sampai bebas dari debu dan pengotor. Setelah itu daun matoa dijemur di bawah sinar matahari sampai berubah warna menjadi kecoklatan. Daun matoa yang sudah berubah warna dikeringkan pada oven dengan suhu 80° C selama 4 jam sampai berubah menjadi kering. Setelah itu, daun matoa diblender dan diayak menggunakan saringan 100 mesh. Serbuk daun matoa siap digunakan sebagai adsorben tanpa aktivasi.

b. Tahap Aktivasi Adsorben Serbuk Daun Matoa

Proses aktivasi ini dilakukan dengan cara menimbang 250 gram serbuk daun matoa tanpa aktivasi. Kemudian serbuk daun matoa dimasukkan ke larutan asam sitrat 0,1 M sebanyak 1 L dan direndam selama 24 jam. Setelah itu, dicuci menggunakan aquades sampai pH dalam kondisi pH 6. Kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 105° C selama 4 jam. Setelah diangkat dan didinginkan, serbuk daun matoa kembali diayak menggunakan saringan 100 mesh. Serbuk daun matoa siap digunakan sebagai adsorben teraktivasi.

2. Pembuatan Larutan Pb

Pembuatan larutan Pb yaitu dengan menimbang serbuk Pb(NO₃)₂ sesuai yang dibutuhkan kemudian dilarutkan ke dalam aquades. Berikut rumus untuk menentukan massa Pb:

$$\text{Massa} = \frac{\text{ppm} \times V \times \text{Mr Pb(NO}_3)_2}{\text{Ar Pb(NO}_3)_2} \dots\dots\dots(1)$$

- Dimana :
- ppm = konsentrasi yang akan dibuat (mg/L)
 - V = volume larutan (L)
 - Mr = massa molekul relatif
 - Ar = massa atom relatif

3. Penentuan Massa Adsorben Optimum

Percobaan diawali dengan menimbang serbuk daun matoa dengan variasi massa 50 mg, 100 mg, 200 mg, 300 mg, 400 mg. Kemudian dimasukkan ke dalam 5 tabung erlenmeyer 100 mL yang telah berisi larutan Pb 50 mL dengan konsentrasi 50 ppm. Kemudian mengatur pH pada kondisi pH 6. Setelah itu larutan diaduk dengan *orbital shaker* dengan kecepatan 150 rpm dengan waktu kontak 120 menit. Selanjutnya disaring agar adsorben dan larutan terpisah dan larutan dianalisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

4. Penentuan pH Larutan Optimum

Percobaan diawali dengan menimbang serbuk daun matoa dengan dosis optimum kemudian dimasukkan ke dalam 6 tabung erlenmeyer 100 ml yang masing-masing berisi larutan Pb sebanyak 50 ml dengan konsentrasi 50 ppm. Selanjutnya masing-masing sampel di kondisikan pada pH 3,4,5,6,7 dan 8. Untuk membuat larutan pH rendah maka ditambahkan HNO₃ sedangkan untuk membuat larutan dengan pH tinggi menggunakan larutan NaOH sebanyak 1 tetes pada masing-masing larutan. Kemudian diaduk menggunakan *orbital shaker* dengan kecepatan 150 rpm selama 120 menit. Selanjutnya disaring agar adsorben dan larutan terpisah dan larutan dianalisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

5. Penentuan Waktu kontak Optimum

Penentuan waktu kontak optimum dilakukan dengan menggunakan variasi waktu 15, 30, 60, 90, dan 120 menit. Percobaan diawali dengan menimbang serbuk daun matoa dengan dosis optimum kemudian dimasukkan ke dalam 5 tabung erlenmeyer 100 ml yang masing-masing berisi larutan Pb sebanyak 50 ml dengan konsentrasi 50 ppm. Kemudian mengatur pH sesuai kondisi pH optimum yang sudah diperoleh pada percobaan sebelumnya. Kemudian diaduk menggunakan *orbital shaker* dengan kecepatan 150 rpm selama waktu kontak yang sudah ditentukan. Selanjutnya disaring agar adsorben dan larutan terpisah dan larutan dianalisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

6. Penentuan Konsentrasi Larutan

Percobaan diawali dengan memasukkan serbuk daun matoa dengan dosis optimum ke dalam 6 tabung erlenmeyer yang masing-masing berisi larutan Pb dengan variasi konsentrasi 50, 100, 150, 200, 250, dan 300 ppm. Setelah itu mengatur pH pada kondisi pH optimum yang sudah diketahui. Kemudian diaduk menggunakan *orbital shaker* dengan kecepatan 150 rpm selama waktu kontak optimum yang sudah diperoleh pada percobaan sebelumnya. Kemudian disaring dengan kertas saring dan filtratnya dianalisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

7. Analisis Efisiensi Kemampuan Adsorben

Perhitungan efisiensi penyisihan Pb dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini (Sethu dkk, 2010):

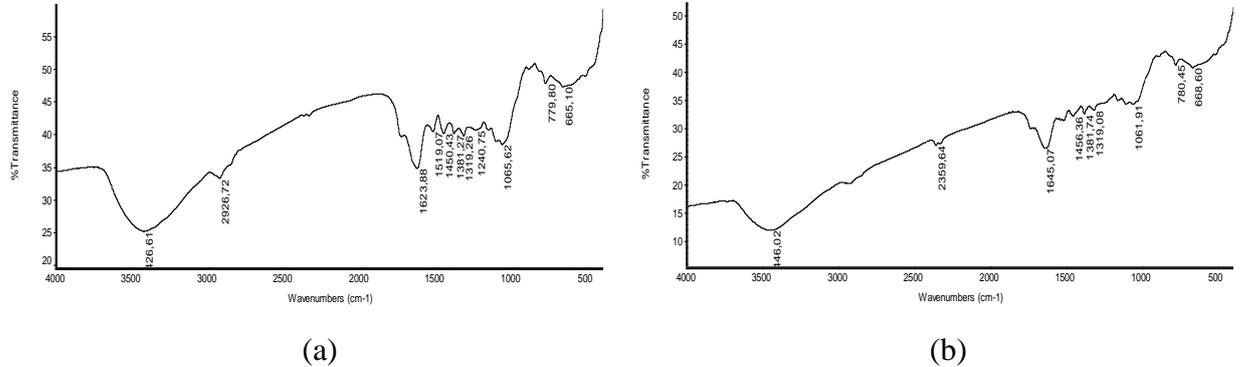
$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{C_o - C_i}{C_o} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots(2)$$

Dimana : C_o = konsentrasi awal logam (mg/L)
C_i = konsentrasi akhir logam (mg/L)

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakterisasi Adsorben Daun Matoa

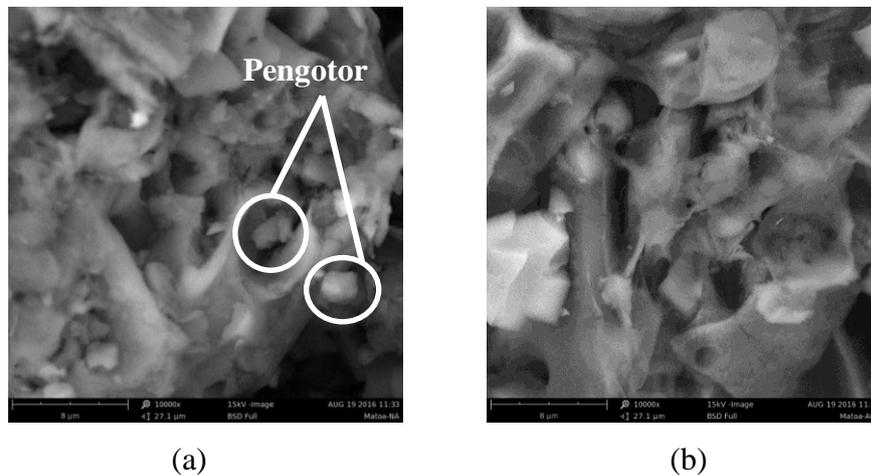
a. Analisis gugus fungsi dengan FTIR



Gambar 1. (a) Gugus Fungsi Adsorben Daun Matoa Tanpa Aktivasi (b) Gugus Fungsi Adsorben Daun Matoa Teraktivasi

Berdasarkan data FTIR pada daun matoa setelah diaktivasi menunjukkan kenaikan pita serapan gugus -OH menjadi $3446,02 \text{ cm}^{-1}$, keton dan amina $1645,07 \text{ cm}^{-1}$, dan CH_2 alifatik $1456,36 \text{ cm}^{-1}$. Selain itu, adanya perubahan dan pengurangan gugus NO_2 , SO_3H , dan gugus CH-O-H setelah diaktivasi. Dari hasil tersebut juga banyak terjadi pemecahan dan penghilangan pengotor setelah diaktivasi.

b. Analisis Morfologi dan Kandungan Unsur dengan SEM/EDS



Gambar 2. (a) Mikrostruktur Daun Matoa Tanpa Aktivasi (b) Mikrostruktur Daun Matoa Teraktivasi

Berdasarkan hasil SEM pada Gambar 2. terlihat bahwa daun matoa sebelum aktivasi banyak pengotor yang menempel pada daun sedangkan daun matoa teraktivasi terlihat lebih bersih dari pengotor sehingga luas permukaan lebih besar dan pori-pori adsorben lebih

terbuka, hal tersebut akan meningkatkan kemampuan penyerapan logam dalam proses adsorpsi. Untuk hasil EDS dapat dilihat pada Tabel 1.

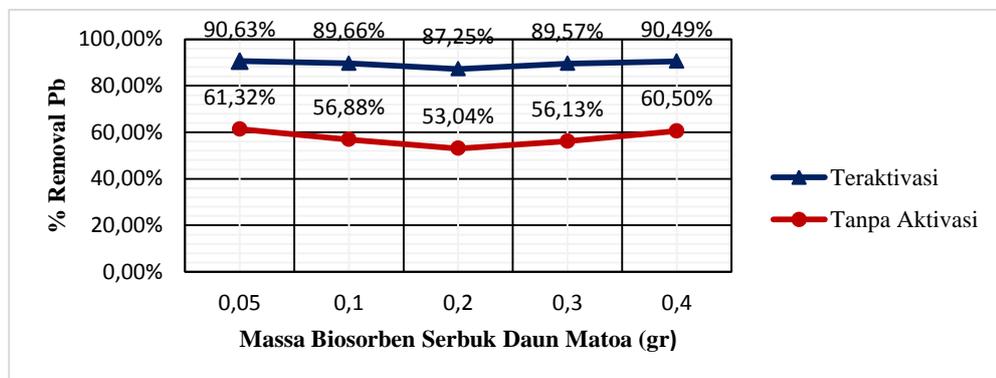
Tabel 1. Komposisi Unsur pada Daun Matoa tanpa Aktivasi dan Teraktivasi

Daun Matoa Tanpa Aktivasi				
Nomor Unsur	Simbol Unsur	Nama Unsur	Konsentrasi Atom	Eror
6	C	Carbon	17,1 %	0,4
8	O	Oxygen	71,9 %	0,2
14	Si	Silicon	4,9 %	0,3
20	Ca	Calcium	3,7 %	0,4
19	K	Potassium	2,1 %	0,2
51	Sb	Antimony	0,4 %	0,3
Daun Matoa Teraktivasi				
Nomor Unsur	Simbol Unsur	Nama Unsur	Konsentrasi Atom	Eror
6	C	Carbon	25 %	0,4
8	O	Oxygen	68,3 %	0,2
14	Si	Silicon	4,1 %	0,1
20	Ca	Calcium	2,5 %	0,3
52	Te	Tellurium	0,0 %	0,1

Dari hasil EDS dapat dilihat bahwa ada beberapa unsur yang hilang setelah adanya proses aktivasi ini dikarenakan pencucian dengan asam sitrat sehingga ada unsur yang hancur. Kadar oksigen setelah aktivasi mengalami penurunan sebesar 3,6%. Penurunan kadar oksigen pada adsorben teraktivasi disebabkan oleh proses pemanasan setelah proses aktivasi dengan suhu diatas 100° C dalam waktu 4 jam sehingga oksigen ikut menguap karena panas yang dihasilkan. Kadar C pada adsorben daun matoa teraktivasi mengalami peningkatan sebesar 7,9%. Peningkatan ini disebabkan oleh proses aktivasi asam sitrat. Asam sitrat ketika dipanaskan akan menghasilkan anhidrat reaktif yang dapat bereaksi dengan selulosa pada daun matoa dan terjadi reaksi esterifikasi yang akan memasukkan gugus karboksil ke material selulosa pada daun sehingga jumlah gugus karboksil meningkat.

2. Uji Massa Optimum

Pada pengujian ini menggunakan variasi massa 0,05; 0,1; 0,2; 0,3 dan 0,4 gram. Hasil pengujian massa optimum dapat dilihat pada Gambar 3.

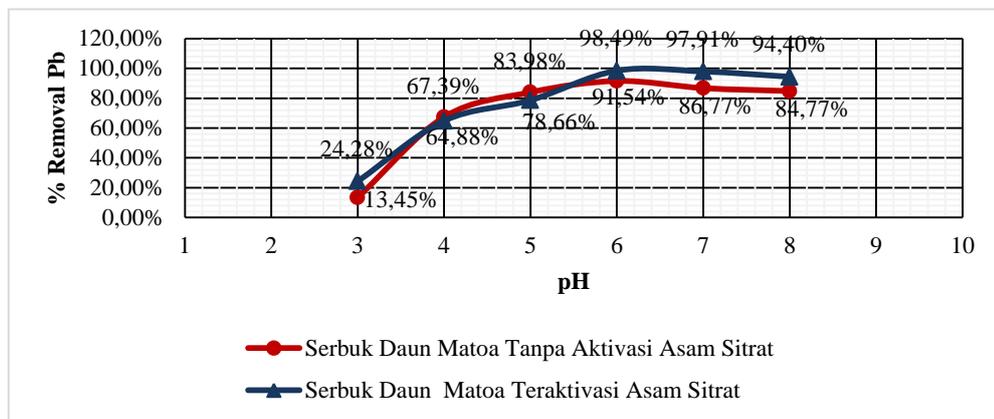


Gambar 3. Grafik Kemampuan Adsorpsi Logam Pb dengan Variasi Massa Adsorben

Hasil percobaan menunjukkan bahwa massa optimum sebesar 0,05 gram dan adsorben teraktivasi lebih baik dalam menyerap logam Pb daripada adsorben tanpa aktivasi. Dari massa 0,05 sampai 0,2 gram grafik menurun dan naik kembali pada massa adsorben 0,3 sampai 0,4 gram. Penurunan kemampuan adsorpsi ini disebabkan oleh sejumlah serbuk daun matoa yang menutupi situs aktif dengan terbentuknya agregat yang ditandai dengan adanya gumpalan dari adsorben, sehingga area adsorpsi yang efektif berkurang. Hal ini juga mengakibatkan adanya tumpang tindih dari situs adsorpsi yang menyebabkan berkurangnya total luas permukaan adsorben [4].

3. Uji pH Optimum

Variasi pH yang digunakan pada percobaan ini dalam kondisi 3,4,5,6,7 dan 8. Hasil pengujian pH optimum dapat dilihat pada Gambar 4.

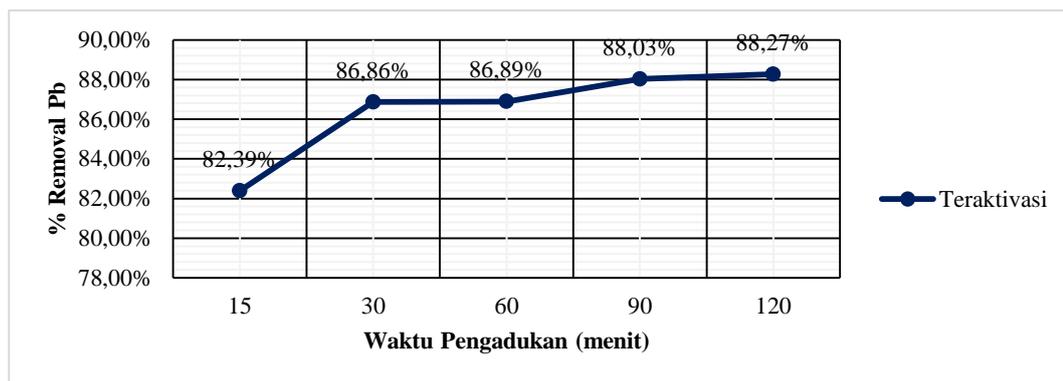


Gambar 4. Grafik Kemampuan Adsorpsi Logam Pb dengan Variasi pH

Kondisi pH larutan optimum untuk menyerap logam Pb dalam air adalah dalam kondisi pH 6. Penyerapan adsorben terhadap logam Pb meningkat pada pH 3 sampai 6, hal ini dikarenakan pada pH 3 konsentrasi asam dan mobilitas yang tinggi terhadap ion H^+ yang berikatan dengan Pb menghambat adsorpsi pada adsorben. Pada adsorpsi terprotonasi tidak mampu mengikat timbal karena adanya gaya tolak menolak secara elektrostatik antara Pb yang bermuatan positif dengan kondisi asam yang tinggi. Sehingga hanya sebagian kecil Pb yang mampu terserap pada kondisi asam tinggi [5].

4. Uji Waktu Kontak Optimum

Penentuan waktu kontak optimum ini perlu dilakukan untuk mendapatkan efisiensi penyisihan Pb yang optimum. Variasi waktu kontak yang digunakan pada percobaan ini adalah selama 15, 30, 60, 90 dan 120 menit. Hasil pengujian waktu kontak optimum dapat dilihat pada Gambar 5.

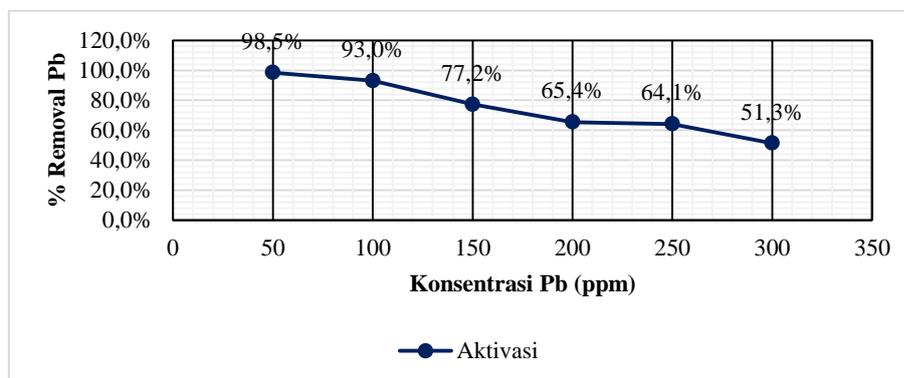


Gambar 5. Grafik Kemampuan Adsorpsi Logam Pb dengan Variasi Waktu Kontak

Semakin lama waktu kontak antara adsorben dengan larutan Pb maka semakin besar pula kemampuan menyerap ion Pb tersebut. Pada menit-menit awal pengadukan menunjukkan bahwa terjadi peningkatan efisiensi penyisihan Pb secara signifikan pada awal waktu kontak. Hal tersebut disebabkan oleh luas permukaan dari serbuk daun matoa yang besar dan jumlah situs aktif yang tersedia pada permukaan adsorben masih banyak yang belum terisi atau kondisinya belum jenuh sehingga memudahkan Pb untuk berinteraksi dengan adsorben. Setelah 30 menit, jumlah ion Pb yang teradsorpsi terlihat meningkat tetapi tidak signifikan seiring bertambahnya waktu kontak. Hal ini disebabkan situs aktif pada adsorben sudah terisi penuh oleh Pb. Waktu yang digunakan untuk percobaan berikutnya adalah 120 menit.

5. Uji Konsentrasi Larutan

Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana kemampuan adsorben dari daun matoa untuk menyerap konsentrasi logam yang cukup besar. Variasi konsentrasi yang digunakan pada percobaan ini sebesar 50, 100, 150, 200, 250 dan 300 ppm. Hasil pengujian konsentrasi larutan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Kemampuan Adsorpsi Logam Pb dengan Variasi Konsentrasi Larutan

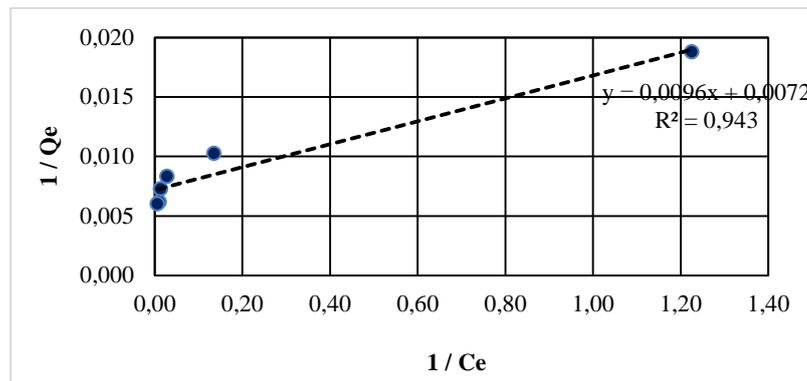
Semakin tinggi konsentrasi larutan dengan massa adsorben yang sama maka akan semakin kecil ion Pb yang akan terserap oleh adsorben. Itu menunjukkan bahwa adsorben dari daun matoa dengan massa 0,05 gram tidak mampu menyerap larutan logam Pb dengan konsentrasi tinggi,

karena situs aktif pada adsorben sudah terisi penuh oleh ion Pb, sehingga dapat dikatakan bahwa dengan massa adsorben 0,05 gram mampu menyerap logam Pb dengan optimal pada konsentrasi larutan 50 ppm.

6. Isoterm Adsorpsi

a. Isoterm Langmuir

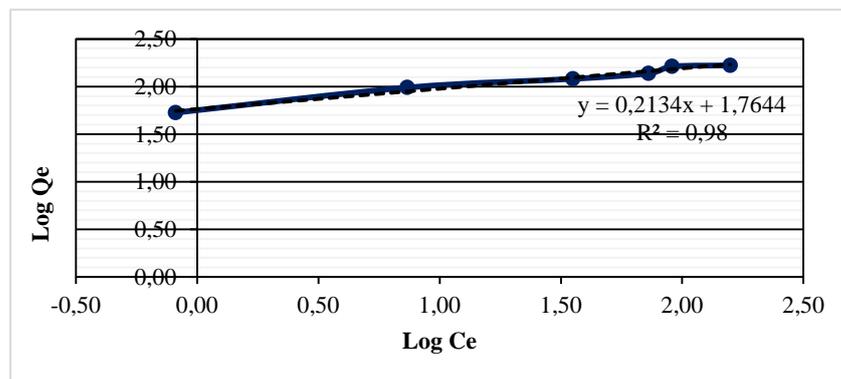
Pada model kesetimbangan isoterm Langmuir diperoleh hasil nilai $R^2 = 0,943$ yang dapat dilihat pada Gambar 7. Dari hasil perhitungan $y = 0,0096x + 0,0072$ diperoleh hasil kemampuan daya serap adsorben (Q_m) sebesar 139,9 mg/g.



Gambar 7. Grafik Persamaan Isoterm Langmuir

b. Isoterm Freundlich

Pada model kesetimbangan isoterm Freundlich diperoleh hasil $R^2 = 0,98$ dengan persamaan $y = 0,2134x + 1,7644$ yang dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Grafik Persamaan Isoterm Freundlich

Dari hal tersebut dapat disimpulkan bahwa kedua pemodelan dengan isoterm Langmuir dan Freundlich dapat diterapkan pada proses adsorpsi ion logam timbal oleh adsorben daun matao karena nilai R^2 kedua model isoterm sama-sama mendekati angka 1 maka hasilnya mendekati linier atau baik. Diperoleh persamaan Langmuir $y = 0,0096x + 0,0072$ dan persamaan Freundlich $y = 0,2134x + 1,7644$.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa pada uji variasi massa dan pH optimum kemampuan adsorben teraktivasi lebih baik dibandingkan adsorben tanpa aktivasi dengan massa optimum 0,05 gram dan pH optimum 6. Uji variasi waktu kontak menghasilkan waktu kontak optimum untuk proses adsorpsi selama 120 menit dan uji variasi konsentrasi digunakan untuk mengetahui kemampuan daya serap adsorben melalui pemodelan isoterm. Model isoterm Langmuir dan Freundlich cocok digunakan dalam adsorpsi logam Pb menggunakan daun matoa karena memiliki R^2 tidak jauh berbeda dan mendekati 1. Kemampuan daya serap adsorben daun matoa teraktivasi terhadap logam Pb sebesar 139,3 mg/g. Fungsi dari proses aktivasi adalah untuk menghilangkan pengotor yang menutup pori-pori adsorben.

SARAN

Pada proses pencucian daun matoa setelah diaktivasi menggunakan asam sitrat bisa dilakukan dengan larutan selain aquades, tetapi dapat diganti dengan air mineral atau air dari alam langsung yang belum tercemar oleh limbah. Proses aktivasi dapat dilakukan secara fisika dan kimia agar pori-pori lebih terbuka dan unsur oksigen dapat meningkat. Pada penelitian selanjutnya dapat diuji langsung dengan air limbah asli (bukan sintetis) baik limbah tekstil ataupun limbah air yang mengandung logam timbal lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sudarmaji, J.M., dan Corie, I.P., 2006, Toksikologi Logam Berat B3 dan Dampaknya Terhadap Kesehatan, Jurnal Kesehatan Lingkungan, Vol. 2 No. 2, 129-142.
- [2] Safrianti, I., Wahyuni, N., Zahara, T.A. 2012. Adsorpsi Timbal (II) Oleh Selulosa Limbah Jerami Padi Teraktivasi Asam Nitrat : Pengaruh pH dan Waktu Kontak. Pontianak : FMIPA Universitas Tanjungpura.
- [3] Wing R.E., 1996, Corn Fiber Citrate: Preparation and Ion Exchange Properties, Industrial Crops and Products, 5, pp. 301-305.
- [4] Nadeem, R., Naqvi, A. M., Nasir, M. H., Saeed, T. I., Ashraf, M., dan Ansari, T. M., 2012. Efficacy of physically pretreated *Mangifera indica* biomass for Cu^{2+} and Zn^{2+} Sequestration. *Journal of Saudi Chemical Society*.
- [5] Ong, Pick Sheen (2011) Utilization of mango leaf as low-cost adsorbent for the removal of Cu (II) ion from aqueous solution. Final Year Project, UTAR