

**PEMANFAATAN DAUN KETAPANG (*Terminalia Cattapa L.*)
SEBAGAI ADSORBEN LOGAM TIMBAL (Pb) DALAM AIR
MENGUNAKAN AKTIVATOR ASAM SITRAT (C₆H₈O₇)**

**USE OF KETAPANG LEAF (*Terminalia Cattapa L.*) AS ADSORBENT
OF LEAD (Pb) IN WATER USING CITRIC ACID ACTIVATOR
(C₆H₈O₇)**

Hasna Nur Fajriah

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia

Jalan Kaliurang Km 14,5 D.I. Yogyakarta-55584

e-mail : hasnanurfajriah@gmail.com

ABSTRAK

Daun Ketapang diketahui mengandung senyawa tanin yang merupakan senyawa dengan bobot molekul yang tinggi dan mempunyai banyak gugus hidroksil dan gugus lainnya (seperti karboksil), sehingga dapat membentuk senyawa kompleks dengan logam, protein dan makromolekul lainnya dibawah kondisi lingkungan tertentu. Salah satu sifat tanin yaitu sebagai pengkelat logam yang kuat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan daun ketapang dalam menyerap logam pb dengan 2 perlakuan yang berbeda yaitu tanpa pengaktifasian dan diaktifkan dengan mrnggunakan asam sitrat (C₆H₈O₇) 1,3 M . Kondisi optimum seperti seperti massa, pH, waktu kontak, dan konsentrasi akan diamati dalam penelitian ini. Hasil dari penelitian ini penyerapan adsorpsi sangat dipengaruhi oleh massa, pH, waktu kontak, dan konsentrasi ion Pb dengan nilai maksimum secara berurutan adalah 400 mg, pH 3, waktu kontak 2 jam, konsentrasi ion Pb 10 mg/L. Kemampuan daun ketapang dalam menyerap adsoeben atau Qm untuk daun ketapang tanpa aktivasi adalah sebesar 17,27 mg/g dan daun ketapang teraktivasi asam sitrat sebesar 18,52 mg/g. Pada kedua adsorben daun ketapang tersebut menunjukkan kecenderungan pada model adsorpsi isotherm Freundlich dalam proses adsorpsi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa daun ketapang dapat menjadi alternatif adsorben dalam pengolahan logam berat didalam air yang khususnya menyerap logam Timbal (Pb).

Kata kunci: Adsorpsi, Asam Sitrat, Freundlich , Daun Ketapang, Timbal

ABSTRACK

Ketapang Leaves is known to contain tannin compounds which are high molecular weight compounds and have many hydroxyl groups and other groups (such as carboxyl) to form complexes with metals, proteins and other macromolecules under certain environmental conditions. One of the properties of tannin is as a strong metal binder. The aim of this research is to know the ability of leaf to absorb Pb metal with 2 different treatments that are not activated and activated by using citric acid (C₆H₈O₇) 1.3 M. Optimum conditions such as mass, pH, contact time, and concentration will be observed. in this research. The results of this adsorption study were strongly influenced by mass, pH, contact time, and Pb ion concentration with maximum value respectively were 400 mg, pH 3, contact time 2 hours, Pb 10 mg / L ion concentration. The ability of ketapang leaves to absorb or Qm for ketapang leaves without activation is 17,27 mg / g and leaves activated ketapang with citric acid equal to 18,52 mg / g. In both ketapang leaf adsorbents showed a tendency in Freundlich isotherm adsorption model in the adsorption process. The results of this study indicate that ketapang leaves can be an alternative to adsorbents in the processing of heavy metals in water which in particular absorb lead metal (Pb).

Key words: Adsorption, Citric Acid, Freundlich, Ketapang Leaf, Lead

1. PENDAHULUAN

Permasalahan lingkungan serius diakibatkan oleh logam berat yang berasal dari kegiatan industri perlu dipecahkan. Logam berat cenderung akan bertahan selamanya beredar dan akhirnya terakumulasi di seluruh rantai makanan yang akan mengakibatkan bahaya terhadap ekologis dan kesehatan.

Salah satu logam berat yang terus meningkat konsentrasinya dalam perairan adalah timbal (Pb). Sejak mulai digunakannya Pb di berbagai sektor industri, terus mengancam kehidupan di muka bumi. Limbah industri yang mengandung Pb dapat mencemari udara, air, dan tanah. Pencemaran Pb dapat meningkatkan risiko kerentanan pada masyarakat disekitar lingkungan industri terutama pada pekerjaannya sendiri. Paparan Pb merupakan ancaman yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia karena bersifat toksik bisa mengakibatkan perubahan perilaku, masalah membaca, perkembangan cacat, keterbelakangan mental, dan kelainan pada wanita hamil (Yuan dan Liu, 2013).

Penyebab utama logam berat menjadi bahan pencemar berbahaya karena logam berat tidak dapat dihancurkan (*non degradable*) oleh organisme hidup di lingkungan dan tidak bisa terakumulasi ke lingkungan (Amaliah, 2017).

Berbagai macam teknologi telah dikembangkan untuk menyisihkan logam berat di dalam air limbah. Teknik konvensional yang biasanya digunakan yaitu proses fisik-kimiawi, seperti presipitasi, oksidasi, reduksi, ekstraksi pelarut, osmosis, pertukaran ion dan adsorpsi (Kwon dkk, 2010). Proses adsorpsi merupakan salah satu metode yang paling sering dilakukan untuk penyisihan logam beracun dalam air limbah (Puanngam dan Unob, 2008). Adsorpsi merupakan proses fisika-kimia, yang dimana pencemar terakumulasi di permukaan padatan yang disebut dengan adsorben. Proses adsorpsi cocok digunakan untuk air limbah dengan logam konsentrasi yang rendah dan industri yang memiliki keterbatasan biaya (Yuan dan Liu, 2013).

Biomassa dengan biaya rendah menjadi faktor penting saat mempertimbangkan penerapan adsorpsi secara praktis dan ekonomis. Penelitian saat ini menyelidiki potensi penggunaan daun ketapang sebagai penyerap logam untuk menghilangkan logam berat pada pengolahan air.

Ketapang (*Terminalia catappa*) termasuk salah satu tanaman yang dapat tumbuh di tanah yang kurang nutrisi dan tersebar hampir diseluruh wilayah Indonesia sehingga mudah untuk dibudidayakan. Selama ini masyarakat hanya mengenal tanaman ketapang sebagai tanaman peneduh kota dan belum banyak dimanfaatkan sehingga nilai ekonomisnya masih rendah. Ketapang diketahui mengandung senyawa obat seperti *flavonoid, alkaloid, triterpenoid/steroid, resin, saponin dan tanin* (Purwani dan Riskitavani, 2013). Tanin merupakan senyawa yang mempunyai bobot

molekul yang tinggi dan mempunyai banyak gugus hidroksil dan gugus lainnya (seperti karboksil) sehingga dapat membentuk kompleks dengan logam krom, protein dan makromolekul lainnya dibawah kondisi lingkungan tertentu. Salah satu sifat tanin yaitu sebagai pengkhelat logam yang kuat (Lestari, 2010).

Kemampuan daun ketapang sebagai adsorbent untuk mengadsorpsi logam berat telah dilakukan dalam beberapa penelitian, diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Rakesh dkk 2012 yang menunjukkan bahwa *Terminalia catappa* atau daun ketapang adalah biosorben yang efektif untuk mengadsorpsi ion seng dalam larutan berair. Dalam penelitian ini, daun ketapang diharapkan dapat digunakan juga sebagai adsorben logam Pb dalam air dengan menggunakan aktivator asam sitrat ($C_6H_8O_7$). Sifat dari asam sitrat adalah agen pengkelat (*chelating agent*) dimana senyawa ini dapat mengikat logam divalen atau lebih, seperti Mn, Mg dan Fe yang sangat diperlukan sebagai katalisator dalam reaksi oksidasi sehingga reaksi ini dapat dihambat dengan penambahan asam sitrat (Winarno dan Laksmi, 1974). Daun yang dimodifikasi dengan asam sitrat memiliki efisiensi yang tinggi untuk mengadsorpsi logam kadmium dalam air. Kapasitas adsorpsi yang tinggi setelah mendapat perawatan dengan asam sitrat disebabkan oleh peningkatan kandungan karboksilat pada permukaan adsorben dan juga kenaikan luas permukaan serta volume pori dari adsorben (Siswoyo dkk, 2014).

2. METODE PENELITIAN

Metode pengumpulan data didapat dari pengujian laboratorium yaitu dengan pengujian optimasi massa adsorben, optimasi derajat keasaman (pH), waktu kontak optimum dan daya serap terhadap logam Pb. Pengujian kadar logam Pb menggunakan alat Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Sedangkan pengolahan data dilakukan dengan penentuan isotherm Langmuir dan Freundlich.

Alat dan bahan yang digunakan adalah gelas beaker 100 ml, gelas beaker 1000 ml, pipet volume, stopwatch, pipet tetes, tabung reaksi, corong, ayakan 100 mesh, labu erlenmeyer 100 ml, pipet ukur sendok, pH universal, blender, oven listrik.

Bahan yang dipakai yaitu Daun ketapang, Larutan induk Pb 1000 mg/L, Larutan asam sitrat ($C_6H_8O_7$) 1,3 M, Larutan HNO_3 0,1 M dan NaOH 0,1 M, Kertas saring Whatman No.41, Aquades.

2.1 Preparasi Adsorben Daun Ketapang

a. Tahap Preparasi Serbuk Daun Ketapang

Daun ketapang cuci menggunakan air bersih kemudian dioven dengan suhu $110^{\circ}C$. selama 2 jam untuk menghilangkan kandungan airnya. Kemudian dihaluskan sampai 100 mesh.

b. Tahap Preparasi Serbuk Daun Ketapang Teraktivasi Asam Sitrat

Aktivator yang digunakan untuk mengaktivasi adsorbent daun ketapang yaitu asam sitrat dengan konsentrasi 1,3 M dengan perbandingan 1 gram : 4 ml larutan asam sitrat. Serbuk daun ketapang ditimbang sebesar 62,5 gram. Kemudian serbuk ketapang dimasukkan kedalam 250 ml larutan asam sitrat 1,3 M. Serbuk daun ketapang direndam dengan larutan asam sitrat selama 24 jam kemudian dibilas dengan aquades sampai pH netral. Serbuk ketapang kemudian di oven dengan suhu 105°C selama 4 jam untuk menghilangkan kandungan airnya.

2.2 Karakterisasi Adsorben Daun Ketapang

Dalam mengetahui karakteristik adsorben menggunakan *Fourier Transform Infra Red* atau FTIR merupakan suatu teknik analisis yang cepat, sederhana, dan non - destruktif dengan seluruh sifat kimia yang ada pada suatu bahan yang dapat diungkapkan dan dimunculkan pada spektrum FTIR (Purwakusumah dkk, 2014).

2.3 PROSES ADSORBEN

A. Daya Serap Adsorben dengan Variasi Massa

Dalam menentukan dosis optimum adsorben menggunakan kondisi dimana logam Timbal (Pb) dalam kondisi Equilibrium dengan pH 6-7, dan waktu kontak 120 menit.. Larutan Pb sebanyak 50 ml dengan konsentrasi 10 mg/L dimasukkan pada labu erlenmeyer berukuran 100 ml. Memasukkan adsorben dengan variasi massa yaitu 50 ; 100 ; 200 ; 300 ; 400 mg. Satu diantaranya adalah larutan blanko. Larutan diaduk menggunakan shaker dengan kecepatan 150 rpm. Larutan disaring dengan filter Whatman 42 lalu filtrat dilakukan pengukuran konsentrasi Pb^{2+} dalam larutan secara AAS.

B. Daya Serap Adsorben dengan Variasi pH

Larutan Pb^{2+} sebanyak 50 mL dimasukkan kedalam Erlenmeyer 100 mL ditambahkan massa optimum adsorben. Larutan diaduk menggunakan shaker dengan 150 rpm, di kondisikan pH 3 ; 4 ; 5 ; 6 ; 7 ; 8 selama 2 jam dan larutan disaring dengan filter Whatman 42 lalu filtrat dilakukan pengukuran konsentrasi Pb^{2+} dalam larutan secara AAS.

C. Daya Serap Adsorben dengan Pengaruh Waktu Kontak

Larutan Pb^{2+} sebanyak 50 mL dimasukkan kedalam Erlenmeyer 100 mL ditambahkan adsorben dengan massa optimum adsorben dengan kondisi pH optimum. Larutan diaduk menggunakan shaker dengan kecepatan 150 rpm. Waktu yang digunakan yaitu 15 ; 30 ; 60 ; 90 ; 120 menit dan larutan disaring dengan filter Whatman 42 lalu filtrat dilakukan pengukuran konsentrasi Pb^{2+} dalam larutan secara AAS.

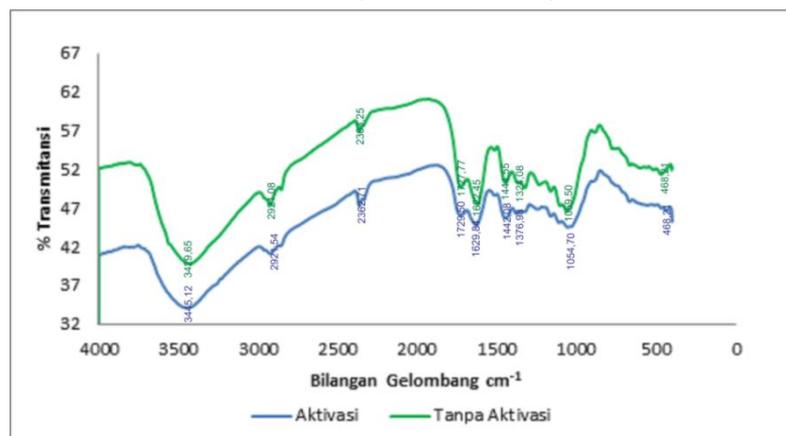
D. Daya Serap Adsorben dengan Variasi Konsentrasi Pb²⁺

Larutan Pb²⁺ dengan variasi konsentrasi 50 ; 100 ; 150 ; 200 ; 250 ; 300 mg/L dimasukkan kedalam Erlenmeyer 100 mL dan ditambahkan adsorben dengan massa optimum adsorben dengan kondisi pH optimum. Larutan diaduk menggunakan shaker dengan kecepatan 150 rpm selama waktu kontak optimum. Kemudian larutan disaring dengan filter Whatman 42 lalu filtrat dilakukan pengukuran konsentrasi Pb²⁺ dalam larutan secara AAS.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Adsorben

Analisis Gugus Fungsi Daun Ketapang menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR). FTIR dapat menghasilkan informasi data yang sangat kompleks sehingga akan menggambarkan secara menyeluruh karakteristik kimia pada suatu bahan. Perubahan yang terjadi pada posisi pita dan intensitasnya dalam spektrum FTIR akan berhubungan dengan perubahan komposisi kimia dalam suatu bahan (Sun dkk, 2010).



Gambar 1 Spektra IR Adsorben Daun Ketapang

Biomassa yang menampilkan sejumlah puncak serapan dan mencerminkan sifat kompleks biomassa. Hasil identifikasi gugus fungsi terlihat adanya serapan pada bilangan gelombang 3429,65 cm⁻¹ untuk daun ketapang tanpa aktivasi dan 3445,12 cm⁻¹ untuk daun ketapang teraktivasi. Menurut Jadav (2015) pada panjang gelombang tersebut menunjukkan vibrasi gugus hidroksil (O-H) dan gugus amina (-NH₂). Peregangan dari gugus -OH yang terikat dengan gugus metil ditunjukkan pada panjang gelombang 2921,08 cm⁻¹ untuk daun ketapang tanpa aktivasi dan 2921,68 cm⁻¹ untuk daun ketapang tanpa teraktivasi. Puncak karakteristik kelompok karbonil terletak pada panjang gelombang 1727,77 cm⁻¹ dan 1729,50 cm⁻¹. Itu kehadiran gugus -OH bersama dengan gugus karbonil menegaskan adanya gugus asam karboksil dalam biomassa. Gugus fungsi -OH, NH, karbonil dan karboksil kelompok adalah

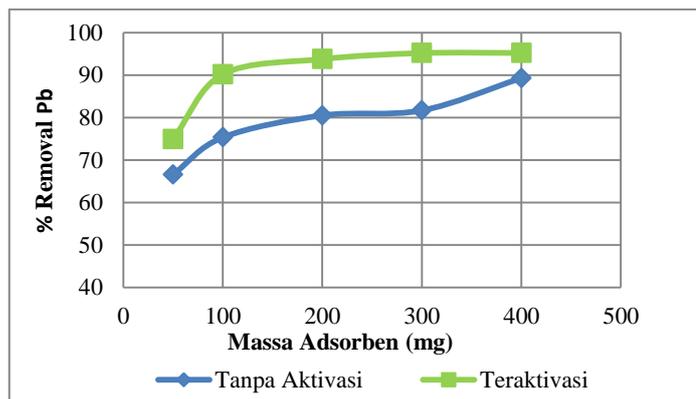
tempat penyerapan yang penting (Volesky dkk, 2003). Ini menunjukkan keterlibatan hidroksil dan gugus karbonil dalam adsorpsi logam Pb.

B. Pengujian Daya Serap Adsorben

Pada tahap ini, dilakukan pengujian adsorben menggunakan larutan timbal (Pb) sintesis. Pengujian ini dimulai dari penentuan massa optimum adsorben, pH optimum, waktu kontak optimum, serta konsentrasi larutan optimum. Pengujian nilai konsentrasi akan dilakukan secara spektrofotometri dengan menggunakan AAS.

Pengujian Variasi Massa

Pengaruh massa adsorben terhadap proses penyerapan kation Pb^{2+} di gambarkan oleh grafik pengaruh massa. Data tersebut menunjukkan bahwa hasil kemampuan adsorben teraktivasi dalam penyerapan logam Pb lebih besar dibandingkan dengan adsorben yang tidak teraktivasi. Hal ini disebabkan karena asam sitrat mampu menghilangkan pengotor yang menempel pada pori – pori adsorben, sehingga pori pori adsorben lebih luas dan kemampuan menyerap logam Pb lebih besar.

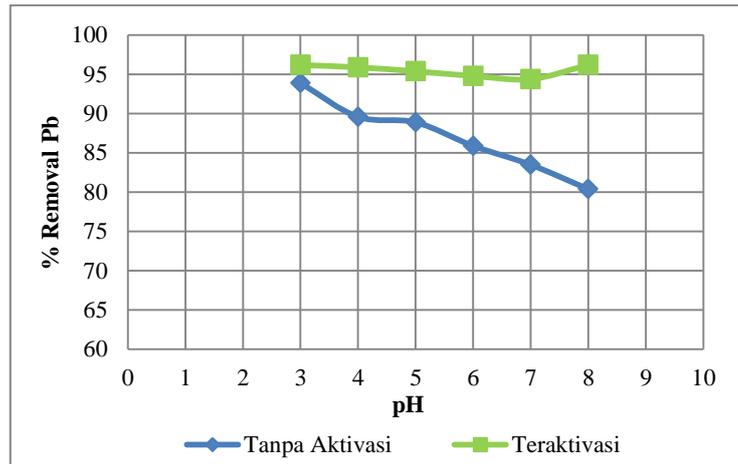


Gambar 2 Grafik Persentase Removal Logam Pb dengan Variasi Massa Adsorben Daun Ketapang

Semakin banyak situs aktif yang tersedia, akan membuat kontak antar adsorben dan adsorbat semakin besar. Sehingga terjadi peningkatan persentase adsorpsi (Hidayati dkk, 2016). Pada data hasil penelitian terlihat bahwa massa optimum adsorben untuk penyerap logam Pb untuk kedua adsorben tersebut adalah 400 mg.

Pengujian Variasi pH

Pengaruh massa adsorben terhadap proses penyerapan kation Pb^{2+} di gambarkan oleh grafik pengaruh massa menunjukkan bahwa kondisi optimum yang diperoleh pH larutan 3. Pada nilai pH awal 3 adsorpsi meningkat tajam namun kemampuan penyerapan logam Pb menurun seiring dengan peningkatan pH menuju basa. Proses ini dipengaruhi oleh adanya reaksi pertukaran ion - ion logam dengan gugus fungsi yang terkandung dalam adsorben daun ketapang. Gugus karbonil, karboksil, serta gugus hidroksil yang terkandung dalam adsorben daun ketapang dapat mengikat ion logam dari larutan (Mulyawan dkk, 2015).



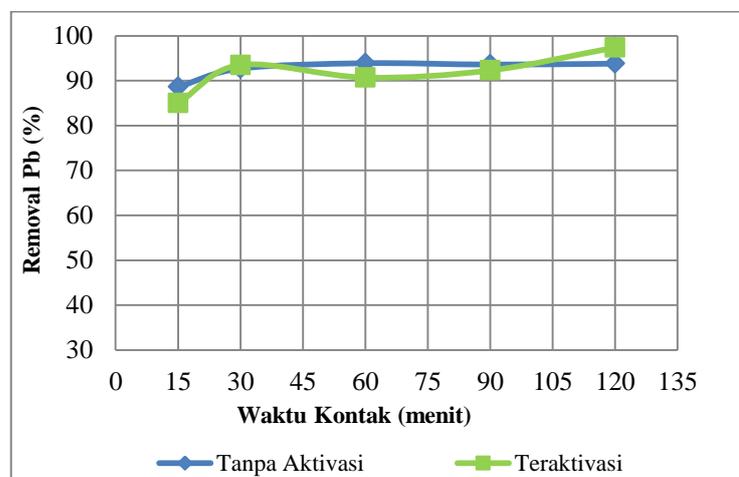
Gambar 3 Grafik Persentase Removal Logam Pb dengan Variasi pH Adsorben Daun Ketapang

Pengaruh pH terjadi karena pada pH 3 hingga pH 4 Pb berbentuk Pb^{2+} garam asam yang dapat berinteraksi dengan gugus dari biomassa, tetapi saat pH 5 mulai terbentuk $Pb(OH)^+$ yang kurang berinteraksi dengan gugus dari biomassa daun ketapang. Pada pH 6 hingga pH 8 Pb cenderung membentuk $Pb(OH)_2$ yang kurang berinteraksi dengan gugus biomassa, ini dibuktikan dengan kecenderungan penurunan kapasitas adsorpsi pada saat pH 6 hingga pH 8.

Proses penyerapan logam berat oleh adsorben di pengaruhi oleh pH. Rentang pH dalam spesiasi utama pada Pb^{2+} yaitu 3 - 5. Konsentrasi pb tersebut berubah sampai pH 6,0. Pembentukan $Pb(OH)_2$ padat dimulai pada pH 6,3 dan hidroksida terlarut lainnya yaitu $PbOH^+$, $Pb(OH)_2$, dan $PbOH^{3+}$ terjadi setelah pH 7,0 (issabayava dkk, 2006).

Pengujian Variasi Waktu Kontak

Pengaruh massa adsorben terhadap proses penyerapan kation Pb^{2+} di gambarkan oleh grafik pengaruh massa. Grafik tersebut menunjukkan kemampuan adsorben daun ketapang mencapai kemampuan maksimal pada saat waktu kontak 2 jam.

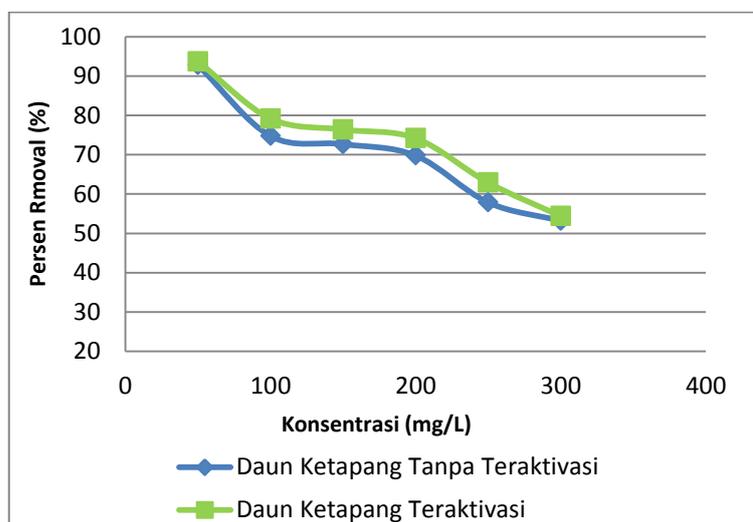


Gambar 4 Grafik Persentase Removal Logam Pb dengan Variasi Waktu Kontak Adsorben Daun Ketapang

Namun pada pengujian variasi waktu kontak adsorben terjadi data yang fluktuatif. Hal ini di akibatkan karena pada proses adsorpsi dapat terjadi desorpsi yang dimana terlepasnya partikel adsorbat dari permukaan adsorben. Peristiwa desorpsi dapat menandakan bahwa telah terbentuk kondisi kesetimbangan yang dinamis pada proses adsorpsi (Ju dan Ibe, 2014). Menurut Holmberg (2006) adanya fenomena desorpsi ini disebabkan karena proses adsorpsi terjadi secara fisika, dimana proses adsorpsi terjadi secara reversibel sehingga akan menyebabkan ion - ion Pb terlepas kembali ke dalam larutan dari permukaan adsorben. Fenomena desorpsi juga dapat disebabkan oleh adanya sifat perebutan situs adsorben yang aktif antara logam Pb (Lestari, 2010).

Pengujian Variasi Konsentrasi

Pengaruh massa adsorben terhadap proses penyerapan kation Pb^{2+} di gambarkan oleh grafik pengaruh konsentrasi. Grafik tersebut menunjukkan bahwa dengan massa adsorben 400 mg hanya mampu menyerap logam Pb dengan optimal pada konsentrasi larutan 50 ppm.

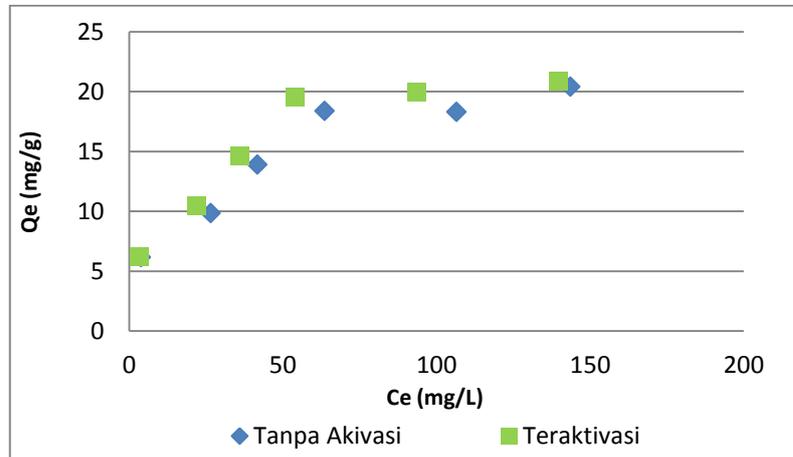


Gambar 5 Grafik Persentase Removal Logam Pb dengan Variasi Konsentrasi Adsorben Daun Ketapang

Semakin tinggi konsentrasi larutan maka akan semakin kecil ion Pb yang akan terserap oleh adsorben. Proses adsorpsi dipengaruhi oleh konsentrasi adsorbat, namun tidak bergantung kepada gradien konsentrasi. Pada larutan yang lebih encer jarak antar molekul dengan molekul lainnya akan lebih berjauhan sehingga interaksi yang terjadi antar molekul lebih kecil (Ruthven, 1984). Dengan demikian gangguan ikatan antara molekul adsorbat yang telah berikatan dengan adsorben lebih sedikit. Massa 400 mg tidak mampu menyerap larutan logam Pb dengan konsentrasi tinggi, karena situs aktif yang ada pada adsorben daun ketapang sudah terisi penuh oleh ion - ion Pb.

C. Kestimbangan Adsorpsi

Kestimbangan adsorpsi merupakan suatu kondisi dimana tidak terjadi lagi perubahan konsentrasi adsorbat baik dalam fasa cair maupun di adsorben atau kecepatan adsorpsi dengan desorpsinya telah sama (Montgomery, 1985).



Gambar 6 Kestimbangan Adsorpsi Daun Ketapang

Grafik kestimbangan menunjukkan kestimbangan adsorpsi daun ketapang pada konsentrasi awal 300 ppm sudah mencapai titik equilibrium.

D. Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi menunjukkan bagaimana molekul adsorpsi didistribusikan antara fase cair ketika proses adsorpsi mencapai keadaan kestimbangan. Isoterm adsorpsi yang paling umum digunakan adalah isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich (Nwabanne dan P.K, 2008).

Isoterm Langmuir dan Freundlich dapat diterapkan pada proses adsorpsi ion logam timbal oleh adsorben daun ketapang. Pengujian ini dibuktikan dengan grafik linierisasi yang baik dan memiliki harga koefisien determinasi atau R^2 lebih dari 0.9 (mendekati angka 1) pada isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich.

Isoterm Langmuir

Isoterm Langmuir menggambarkan bahwa adsorben dan adsorbat membentuk lapisan tunggal (monolayer), adsorpsi yang terlokalisir, permukaan adsorben bersifat homogen, serta kemampuan adsorpsi molekul pada suatu situs tidak tergantung pada situs yang lainnya (Manohar dkk, 2006).

Pada Isoterm Langmuir didapatkan sloope $R^2 = 0,8844$ untuk adsorben dau tanpa aktivasi dan $R^2 = 0,909$ untuk adsorben teraktivasi. Konstanta isoterm Langmuir menunjukkan pola ikatan yang terbentuk antara biosorben dan adsorbat. Nilai q_m dan nilai koefisien langmuir (KL) dari Isoterm Langmuir menggambarkan ikatan antara adsorben dengan logam Pb mampu membentuk lapisan *monolayer*.

Parameter Q_m merupakan konstanta yang menunjukkan zat terlarut yang teradsorpsi pada saat massa adsorben dalam keadaan jenuh atau Q_m merupakan kapasitas adsorpsi maksimum suatu adsorben dengan satuan mg/g. Sedangkan KL merupakan konstanta yang menunjukkan energi ikatan antara zat terlarut dan adsorben (L/mg) (Setiadi, 2003). Nilai $KL > 1$ menunjukkan tingkat afinitas yang kuat (Mulyawan dkk, 2015).

Tabel 1 Nilai R^2 Model Langmuir, Q_m , dan KL

Adsorben	R^2	Q_m (mg/g)	KL (l/mg)
Tanpa Aktivasi	0,884	17,271	0.140
Aktivasi	0,909	18,518	0,146

Isoterm Freundlich

Isoterm Freundlich didasarkan pada terbentuknya lebih dari satu lapisan molekul (*multilayer*). Persamaan isoterm Freundlich menjelaskan bahwa pada permukaan adsorben bersifat heterogen memiliki makna yaitu di setiap gugus aktif pada permukaan adsorben memiliki kemampuan mengadsorpsi yang berbeda (Dewa dkk, 2014).

Nilai R^2 dari isoterm Freundlich yaitu 0,9492 untuk daun ketapang tanpa aktivasi dan 0,9498 untuk daun ketapang teraktivasi. Persamaan regresi linear dari kurva tersebut maka dapat ditentukan koefisien Freundlich (KF) dan juga nilai koefisien intensitas (n) dari adsorben tersebut. Koefisien adsorpsi (KF) dapat digunakan sebagai indikator kapasitas adsorpsi dan $1/n$ adalah intensitas adsorpsi. Secara umum, semakin tinggi nilai KF , semakin tinggi juga kapasitas adsorpsi (Malik, 2002).

Nilai N adalah ukuran deviasi dari linearitas adsorpsi yang pada umumnya digunakan untuk mengetahui tingkat kebenaran suatu adsorpsi. Jika nilai untuk $n = 1$ maka adsorpsi yang terjadi adalah linear. Jika nilai untuk $n < 1$ maka proses adsorpsi tersebut adalah proses adsorpsi kimia, namun jika nilai untuk $n > 1$ maka adsorpsi tersebut merupakan adsorpsi fisika (Ozcan dkk, 2005). Pada nilai $n > 1$ dapat diidentifikasi bahwa penyerapan adsorben terhadap adsorbat yang digunakan dapat dikatakan baik (Zor, 2004).

Tabel 4.2 Nilai Konstanta Freundlich

Adsorben	$1/n$	N	$\log K_f$	K_f (l/mg)
Tanpa Aktivasi	0,151	6,64	0,570	3,720
Aktivasi	0,152	6,56	0,606	4,034

4. Kesimpulan

Berdasarkan data yang telah diperoleh dari penelitian adsorben daun ketapang tanpa aktivasi dan teraktivasi dalam menyerap logam Pb menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Adsorben daun ketapang yang diaktivasi dengan asam sitrat memiliki daya serap yang lebih baik dibandingkan dengan adsorben daun ketapang alami tanpa aktivasi. Kemampuan penyerapan dari kedua adsorben (Q_m) untuk daun ketapang tanpa aktivasi yaitu 17,27 mg/g dan kemampuan daun ketapang teraktivasi asam sitrat yaitu 18,52 mg/g. Dengan begitu penggunaan asam sitrat sebagai aktivator adsorben daun ketapang tidak terlalu berpengaruh terhadap proses adsorpsi logam Pb karena perbedaan kemampuan penyerapan adsorben daun ketapang yang teraktivasi oleh asam sitrat dengan adsorben ketapang tanpa aktivasi tidak terjadi perubahan yang signifikan.
2. Pada pengujian variasi massa optimum dan pH optimum menunjukkan bahwa kemampuan dari adsorben daun ketapang dalam menyerap logam Pb yaitu 0,4 gram dan pH optimum pada kondisi 3.
3. Pada pengujian variasi waktu adsorben daun ketapang membutuhkan waktu selama 120 menit untuk menghasilkan kondisi optimum.
3. Berdasarkan perhitungan isoterm, adsorben daun ketapang memiliki karakteristik isoterm Freundlich (*Multilayer*) dengan nilai R^2 yaitu 0,9492 untuk daun ketapang tanpa aktivasi dan 0,9498 untuk daun ketapang teraktivasi. Sehingga proses adsorpsi ini berlangsung secara multilayer pada permukaan yang heterogen.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Amaliah, N. 2017. *Penyehatan Makanan dan Minuman*. Deepublish. Yogyakarta.
- Dewa, I. G. D., Made N. W., dan Gusti, I. L. W. 2014. *Isoterm Adsorpsi Cu^{2+} oleh Biomassa Rumput Laut*. Journal Kimia Visvitalis 2(1) : 1 – 10.
- Hidayati P., Ulfan I., dan Juwono H. 2016. *Adsorpsi Zat Warna Removal Brilliant Blue R Menggunakan Nata de Coco: Optimasi Dosis Adsorben dan Waktu Kontak*. Jurnal Sain dan Seni ITS 5(2) 2337-2520.
- Holmberg, J. P. 2006. *Competitive Adsorption and Displacement Behaviour of Heavy Metals on Peat*. Division of Water Environment Technology, Chalmers University of Technology. Göteborg: Sweden.
- Issabayeva, G., Aroua, M.K., and Sulaiman N.M.N. 2005. *Removal of Lead from Aqueous Solutions on Palm Shell Activated Carbon*. Bioresource Technology 97 : 2350–2355.
- Jadav, J. N., Maind , S. D., and Bhalera S. A. 2015. *Use Of Terminalia Catappa L. Leaves For Effective Removal Of Chromium (Vi) From Aqueous Solutions*. International Journal of Current Research in Chemistry and Pharmaceutical Sciences 2(4) : 48–62.

- Ju, O and Ibe, U. 2014. *Adsorption Studies of Heavy Metals by Low-Cost Adsorbents*. Journal Application Enviromental Management 18 (3) : 443-448.
- Kwon, J. S., Yun, S. T., Lee, J.H., Kim, S. O and Jo, H.Y. 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.
- Lestari,S. 2010. *Pengaruh Berat dan Waktu Kontak untuk Adsorpsi Timbal(II) Oleh Adsorben dari Kulit Batang Jambu Biji (Psidium Guajava L.)*. Jurnal Kimia Mulawarman. 8(1) : 1693-5616.
- Malik, P. K. 2002. *Use of Activated Carbons Prepared From Sawdust and Rice-Husk for Adsorption of Acid Dyes*. Dyes and Pigments 56(3) : 239-249
- Manohar, D. M., NoeHne, B. F. and Anirudhan. T. S. 2006. *Adsorption Performance Of A l-pillared Bentonite Clay for The Removal of Cobalt(II) from Aqueous Phase*. Applied Clay Science 31: 194-206.
- Montgomery, J.M. 1985. *Water Treatment Principles and Design*. John Wiley & Sons Inc., New York.
- Mulyawan, R., Saefumillah, A., dan Foliatini. 2015. *Biosorpsi Timbal oleh Biomassa Daun Ketapang*. Molekul 10 (1) : 45 – 56.
- Nwabanne, J. T., and Igbokwe P. K. 2008. *Kinetics and Equilibrium Modeling of Nickel Adsorption by Cassava Peel*. Journal of Engineering and Applied Sciences 3(11) : 829- 834.
- Ozcan, A. S., Edem, B., and Ozcon, A. 2005. *Adsorption of Acid Blue 193 From Aqueous Solution onto BTMA-Bentonite*. Colloid Surface. A : Phsyocem Eng. Aspects 266 : 73-81.
- Puanggam, M and Unob, F. 2008. *Preparation and Use of Chemically Modified MCM-41 and Silica Gel as Selective Adsorbent for Hg (II) Ions*. Journal Hazard Mater 154 : 578-587.
- Purwakusumah, D. E., Rafi, M., Syafitri, D.U., Nucholis W., dan Adzkiya, M. A. Z. 2014. *Identifikasi dan Autentikasi Jahe Merah Menggunakan Kombinasi Spektroskopi Ftir dan Kemometrik*. Agritech 34 (1) : 82-87.
- Purwani. I. K dan Riskitavani. V. D. 2013. *Studi Potensi Bioherbisida Ekstrak Daun Ketapang (Terminalia catappa L.) terhadap Gulma Rumput Teki (Cyperus rotundus)*. Jurnal Sains Dan Seni Pomits 2(2): 2337-3520.
- Rakesh, N., King, P., and R, Suresh. 2012. *Kinetics and Equilibrium Studies on Biosorption of Zinc onto Terminalia catappa Leaf Powder*. International Journal of Research in Chemistry and Environment 2(4) : 107-114.
- Ruthven, D. M. 1984. *Principle of Adsorption and Adsorption Process*. John Wiley and Sons, New York.
- Winarno, FG, dan Laksmi, BS. 1974. *Dasar Pengawetan, Sanitasi dan Keracunan*. Bogor: Departemen Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi dan Mekanisasi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Setiadi, T. J ., Kusmaya, M., dan Halim, M. B. 2003. *Adsorpsi Kadmium (II) dan Kromium (III) dalam Air oleh Limbah Lumpur Aktif*. Reaktor 7(2) : 77-83.
- Siswoyo, E., Endo, N., Mihara, Y., and Tanaka, S. 2014. *Agar-encapsulated Adsorbent Based on Leaf of Platanus sp. to Adsorb Cadmium Ion in Water*. Water Science & Technology. 70(1): 89-94.

- Sun, S., Chen, J., Zhou, Q., Lu, G. and Chan, K. 2010. *Application of Mid-Infrared Spectroscopy in the Quality Control of Traditional Chinese Medicines*. *Planta Medica* 76: 1987-1996.
- Volesky B. 2003. *Sorption and biosorption*. BV-Sorbex, Inc. St. Lambert, Quebec, Canada.
- Yuan, L., and Liu, Y. 2013. *Removal of Pb (II) and Zn (II) from Aqueous Solution by Ceramisite Prepared by Sintering Bentonite, Iron Powder and Activated Carbon*. *Chemical Engineering Journal*. 215-216 : 432-439.
- Zor, S. 2004. *Investigation Of the Adsorption of Anionic Surfactants at Different Ph Values by Means of Active Carbon and the Kinetics of Adsorption*. *Serbian Chemical Society*. 69(1) : 25-32.