

**PEMANFAATAN DAUN MATOA (*Pometia pinnata*) SEBAGAI
ADSORBEN ION LOGAM TEMBAGA (Cu) DALAM AIR
MENGUNAKAN AKTIVATOR ASAM SITRAT (C₆H₈O₇)**

Windy Anggari

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

ABSTRAK

Saat ini telah banyak dikembangkan berbagai jenis adsorben, salah satunya adalah penggunaan daun sebagai adsorben. Penelitian sejenis menggunakan daun matoa masih jarang ditemui atau bahkan belum ada yang melakukan penelitian ini. Dengan adanya selulosa yang terkandung dalam daun matoa maka dapat digunakan sebagai adsorben untuk menyerap logam berat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan adsorben serbuk daun matoa untuk menyerap logam tembaga Cu dengan aktivasi asam sitrat 0,1M dan tanpa aktivasi. Percobaan adsorpsi dilakukan dengan menggunakan metode batch, dengan menguji karakterisasi adsorben dengan FTIR dan SEM-EDS, menguji massa optimum, pH optimum, waktu kontak optimum, dan konsentrasi larutan Cu menggunakan AAS. Untuk mengetahui pemodelan yang cocok untuk adsorben daun matoa menggunakan perhitungan isotherm Langmuir dan Freundlich. Hasil pengujian menunjukkan isotherm Freundlich cocok untuk adsorben daun matoa karena harga determinasi R² mendekati 1 dengan massa 50 mg, pH optimum 7, dan waktu kontak 120 menit. Namun untuk penentuan daya serap adsorpsi maksimum menggunakan persamaan Langmuir karena dilakukan terhadap lapisan tunggal zat yang teradsorpsi. Daya serap adsorpsi maksimum adalah 92 mg/g pada adsorben yang teraktivasi asam sitrat 0,1M.

Kata kunci: Adsorpsi, asam sitrat, daun matoa, logam tembaga

ABSTRACT

Now there was developed various types of adsorbents, one of the example is using leaves as adsorbent. Similar research using matoa leaves still rare or even no one has done this research. With the cellulose contained in matoa leaves it can be used as an adsorbent to absorb heavy metals. This study aims to determine the ability of the adsorbent leaves matoa powder to absorb copper Cu with 0.1M citric acid activation and without activation. The adsorption process is conducted in batch system with variation of adsorbent mass, pH solution, contact time and initial concentration of Cu. FTIR and SEM-EDX were employed in order to know the functional groups and the morfology respectively. Based on the result of the study it was clear that for 50 mg/l of Cu, the optimum condition were 50 mg for mass of adsorbent, 120 minutes for contact time and pH 7 by following Freundlich adsorption isotherm model. The maximum adsorption capacity for Cu was 92 mg/g for adsorbant activated by 0.1 M citric acid.

Keywords: Adsorption, citric acid, copper metal, matoa leaves.

1. PENDAHULUAN

Pengolahan limbah untuk penyisihan (*removal*) logam berat biasanya terbentur oleh masalah biaya yang tinggi. Untuk itulah diperlukan suatu teknik pengolahan limbah logam berat yang efektif dan berbiaya rendah. Salah satu teknik pengolahan limbah logam berat yang berbiaya rendah dan efektif adalah adsorpsi. Proses adsorpsi terjadi pada permukaan pori-pori dalam adsorben, sehingga untuk bisa teradsorpsi, logam dalam cairan mengalami proses perpindahan masa logam dari cairan ke permukaan adsorben (Qaiser dkk., 2007).

Saat ini telah banyak dikembangkan berbagai jenis adsorben. Salah satunya adalah penggunaan daun sebagai adsorben. Penelitian sejenis menggunakan daun matoa masih jarang ditemui atau bahkan belum ada yang melakukan penelitian ini. Pada penelitian ini daun matoa digunakan untuk mengadsorpsi logam tembaga (Cu) dengan penambahan perlakuan daun matoa yang diberi aktivasi asam sitrat ($C_6H_8O_7$). Proses aktivasi dapat mengembangkan volume pori dan memperbesar diameter pori yang telah terbentuk pada proses karbonisasi, asam sitrat merupakan aktivator yang akan digunakan. Asam sitrat merupakan asam organik lemah yang terdapat pada daun tumbuhan. Keasaman asam sitrat didapatkan dari tiga gugus karboksil $-COOH$ yang dapat melepas proton dalam larutan, sehingga mampu mengikat ion-ion logam sehingga dapat digunakan untuk mengadsorpsi logam berat.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini dilakukan 2 tahap, yaitu dengan metode pengumpulan data dan pengolahan data. Metode pengumpulan data diperoleh dari pengujian di laboratorium terhadap massa optimum, pH optimum, waktu kontak optimum, dan konsentrasi larutan terhadap logam Cu. Pengujian kadar logam Cu menggunakan alat Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Sedangkan pengolahan data dilakukan dengan penentuan Isotherm Langmuir dan Freundlich.

Karakterisasi Adsorben Serbuk Daun Matoa

Karakterisasi adsorben serbuk daun matoa dilakukan dengan menggunakan *Fourier Transform Infrared (FTIR)* dan *Scanning Electron Microscopy (SEM)* yang bertujuan untuk dapat mengetahui karakter dan sifat adsorben yang akan diteliti.

Penentuan Dosis Optimum

Menimbang serbuk daun matoa yang teraktivasi dan tanpa aktivasi dengan variasi massa 50, 100, 200, 300, dan 400 mg. Masukkan kedalam 5 tabung erlenmeyer 50 ml yang berisi larutan Cu 50 ml, kemudian diaduk menggunakan magnetic stirer dengan kecepatan 75 rpm dan waktu kontak 120 menit kemudian diuji menggunakan alat SSA.

Penentuan pH Optimum

Menimbang serbuk daun matoa yang teraktivasi dan tanpa aktivasi dengan dosis optimum dan dengan variasi pH 3, 4, 5, 6, 7 dan 8. Masukkan kedalam 6 tabung erlenmeyer 50 ml yang berisi larutan Cu 50 ml kemudian diaduk menggunakan magnetic stirer dengan kecepatan 75 rpm dan waktu kontak 120 menit kemudian diuji menggunakan alat SSA.

Penentuan Waktu Kontak Optimum

Menimbang serbuk daun matoa yang teraktivasi dan tanpa aktivasi dengan dosis optimum dan pH optimum dengan variasi waktu 15, 30, 60, 90, dan 120 menit. Masukkan kedalam 5 tabung erlenmeyer 50 ml yang berisi larutan Cu 50 ml kemudian diaduk menggunakan magnetic stirer dengan kecepatan 75 rpm dan waktu kontak 120 menit kemudian diuji menggunakan alat SSA.

Uji Efisiensi Kemampuan Adsorben

Setelah didapat dosis adsorben optimum, pH optimum, dan waktu kontak optimum maka dilanjutkan dengan menguji efisiensi kemampuan adsorben daun matoa dalam menyerap logam tembaga (Cu) di dalam air. Masukkan serbuk daun matoa kedalam erlenmeyer yang berisi larutan Cu 50 ml dengan konsentrasi 50, 75, 100, 150, 200, dan 250 ppm. Kemudian diaduk menggunakan magnetic stirer dengan kecepatan 75 rpm dan waktu kontak 120 menit kemudian diuji menggunakan alat SSA.

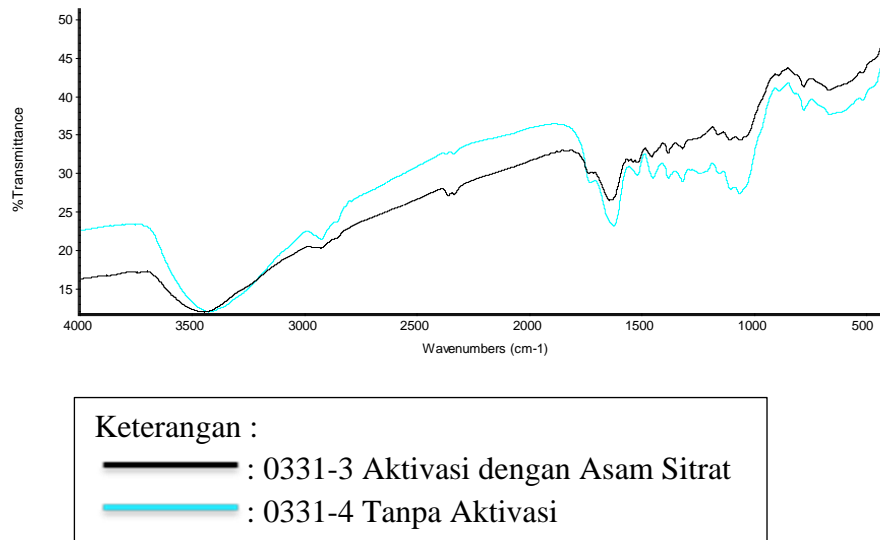
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Adsorben Serbuk Daun Matoa

Analisis Gugus Fungsi dengan Fourier Transform Infrared (FTIR)

Analisis gugus fungsi pada adsorben daun matoa dilakukan dengan melihat bentuk spektrumnya yaitu dengan melihat puncak-puncak spesifik yang

menunjukkan jenis gugus fungsional senyawa yang terdapat dalam adsorben daiun matoa. Hasil *FTIR* adsorben daun matoa teraktivasi dan tanpa aktivasi dapat dilihat pada Gambar 1 berikut :

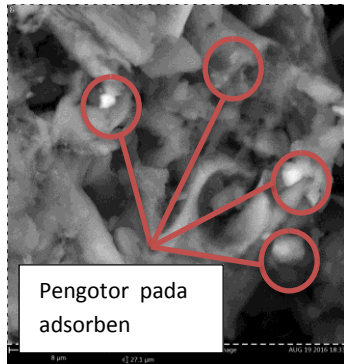


Gambar 1. Hasil *Overlay* Gugus Fungsi Adsorben Daun Matoa Teraktivasi dan Tanpa Aktivasi

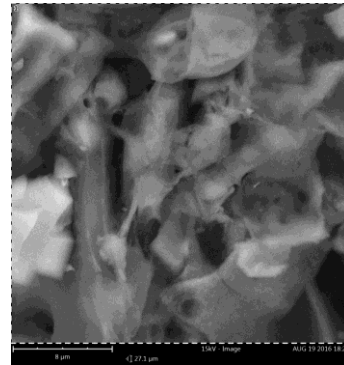
Berdasarkan hasil *FTIR* yang dapat dilihat pada gambar diatas serbuk daun matoa sebelum diaktivasi menunjukkan pita serapan pada bilangan gelombang 3426,61 cm^{-1} yang dikategorikan dalam gugus $-\text{OH}$ yang kuat, dan gugus keton $\text{C}=\text{O}$ dan amina ($-\text{NH}_2$) pada bilangan gelombang 1623,88 cm^{-1} , yang berfungsi sebagai pengikat logam serta CH_2 alifatik dengan intensitas tajam pada 1450,43 cm^{-1} . Sedangkan setelah daun matoa diaktivasi dengan asam sitrat menunjukkan kenaikan pita serapan gugus $-\text{OH}$ menjadi 3446,02 cm^{-1} , keton dan amina 1645,07 cm^{-1} , dan CH_2 alifatik 1456,36 cm^{-1} . Selain itu, adanya perubahan dan pengurangan gugus NO_2 , SO_3H , dan gugus CH-O-H setelah diaktivasi. Dari hasil *FTIR* tersebut dapat disimpulkan bahwa serbuk daun matoa yang teraktivasi dengan asam sitrat dapat menghilangkan pengotor-pengotor yang menutupi pori-pori adsorben sehingga dapat membuka pori-pori dan meningkatkan kemampuan adsorben untuk menyerap ion logam dalam air.

Analisis Morfologi dengan *Scanning Electron Microscopy (SEM)*

Analisis morfologi pada adsorben daun matoa dilakukan dengan *Scanning Electron Microscopy (SEM)* yang bertujuan untuk mengetahui bentuk adsorben lebih detail dan mengetahui morfologi adsorben daun matoa. Hasil *SEM* adsorben daun matoa dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3 berikut :



Gambar 2. Adsorben Daun Matoa Tanpa Aktivasi



Gambar 3. Adsorben Daun Matoa Teraktivasi

Berdasarkan Gambar 2 dan Gambar 3 menunjukkan bahwa daun matoa yang diaktivasi dengan asam sitrat terlihat adanya zat pengotor yang ada didalam adsorben hilang sehingga luas permukaan bertambah. Dapat diketahui pula kandungan kimia zat pendukung proses adsorpsi dalam pengujian *SEM-EDX* pada Tabel 1 berikut :

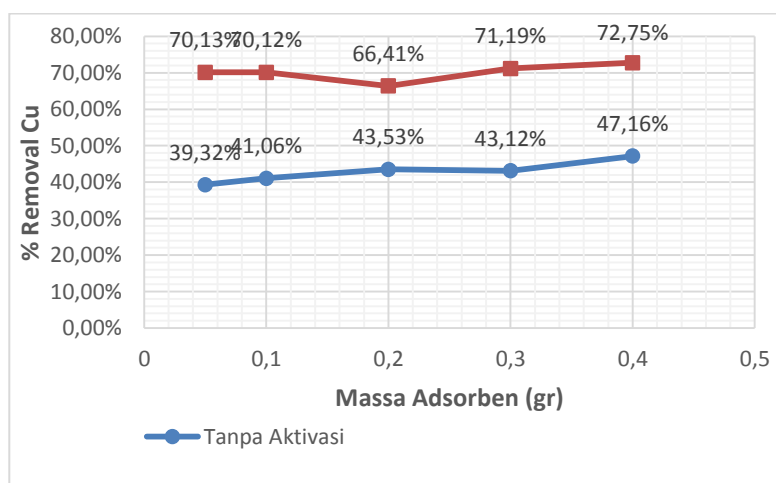
Tabel 1. Hasil Uji *SEM-EDX* Serbuk Daun Matoa

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

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan bahwa kadar oksigen setelah aktivasi mengalami penurunan sebesar 3,6%. Dapat dilihat juga ada beberapa unsur yang hilang setelah proses aktivasi, hal ini dikarenakan pencucian dengan asam sitrat sehingga ada unsur yang hancur.

Penentuan Dosis Optimum

Dalam uji coba ini dilakukan untuk mengetahui berapa jumlah penyerapan logam tembaga (Cu) yang dapat dilakukan adsorben serbuk daun matoa tanpa aktivasi dan teraktivasi dengan asam sitrat 0,1M. Hasil pengujian massa optimum dapat dilihat pada Gambar 4 berikut :



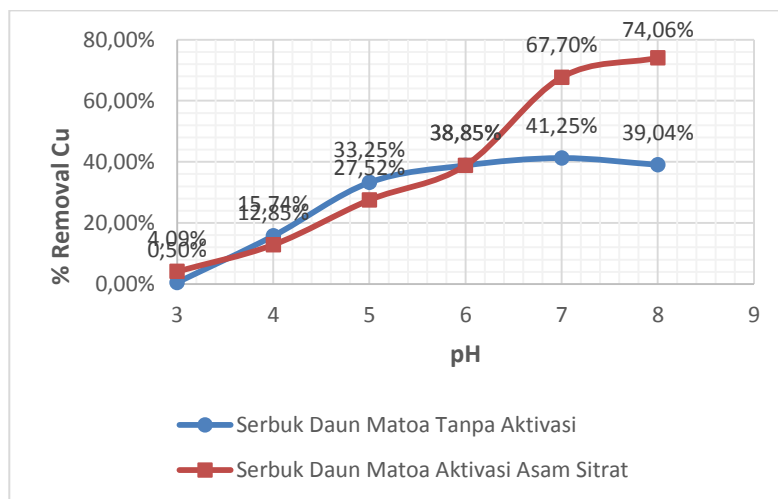
Gambar 4. Grafik Hasil Uji Massa Optimum

Berdasarkan dari Gambar 4 di atas dapat disimpulkan bahwa hasil penyerapan logam tembaga (Cu) pada adsorben serbuk daun matoa yang teraktivasi lebih tinggi persentasinya dibandingkan dengan adsorben daun matoa tanpa aktivasi, dapat dilihat pada adsorben yang teraktivasi memiliki persentasi 70,13% pada massa 0,05 gr sedangkan adsorben tanpa aktivasi hanya memiliki persentasi 39,32% pada massa 0,05 gr, hal ini terjadi karena setelah proses aktivasi dengan asam sitrat ($C_6H_8O_7$) 0,1M dapat menghilangkan pengotor dari permukaan adsorben, sehingga membuka pori dan memperluas permukaan adsorben dan juga kemampuan menyerap logam tembaga (Cu) lebih besar. Dari data tersebut juga menunjukkan hasil uji kontrol pada logam Cu tereduksi sebanyak 25,23% saja, hal ini tidak berpengaruh terhadap penyerapan adsorben, karena proses pengendapan yang terjadi secara kimiawi pada kondisi equilibrium nilainya kecil. Untuk pengujian selanjutnya massa adsorben yang digunakan 0,05

gr karena sudah bisa menyerap logam tembaga (Cu) yang terlarut di dalam air sebesar 70,13% dan akan lebih ekonomis dalam penggunaan adsorben serbuk daun matoa.

Penentuan pH Optimum

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pada pH berapa penyerapan logam tembaga (Cu) untuk dapat diterapkan pada proses pengolahan air. Hasil pengujian pH optimum dapat dilihat pada Gambar 5 berikut :



Gambar 5. Grafik Hasil Uji pH Optimum

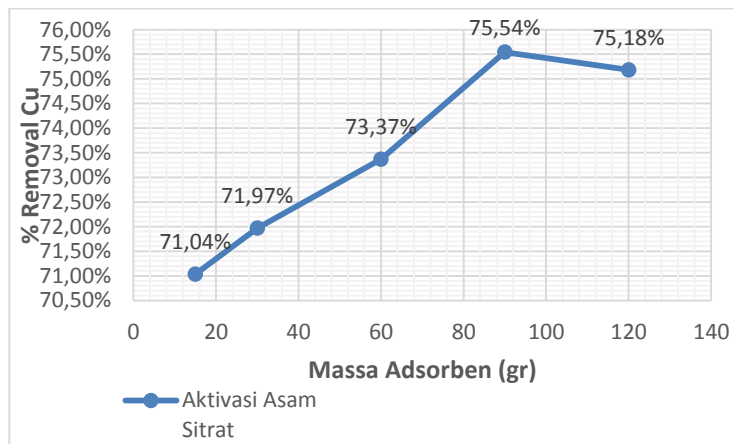
Hasil penelitian menunjukkan bahwa adsorben daun matoa yang teraktivasi asam sitrat 0,1M lebih tinggi penyerapannya dibandingkan dengan adsorben tanpa aktivasi dan hasil uji coba ini juga menunjukkan bahwa semakin meningkat pH larutan semakin tinggi penyerapan logam tembaga (Cu). Pada pH rendah penyerapan terhadap semua ion logam rendah. Hal ini dikarenakan pada pH rendah permukaan adsorben dikelilingi oleh ion H^+ (karena gugus fungsi yang terdapat pada adsorbent terprotonasi). Dalam kondisi asam permukaan adsorben juga bermuatan positif, yang akan menyebabkan terjadi tolakan antara permukaan adsorben dengan ion logam, sehingga adsorbsinya pun menjadi rendah (Sembiring, 2009 dalam Nurhasni 2014). Sedangkan pada pH basa, ion-ion logam dapat membentuk endapan hidroksida sehingga efisiensi penyerapannya sukar untuk ditentukan (Refilda, dkk 2001; Utomo dkk 2006 dalam Nurhasni 2014).

Dapat dilihat dari hasil uji variasi pH pada adsorben tanpa aktivasi terjadi penurunan pada pH 8 sedangkan pada adsorben teraktivasi mengalami kenaikan

persen removal. Maka dapat disimpulkan pH optimum pada percobaan ini adalah pH 7.

Penentuan Waktu Kontak Optimum

Waktu kontak merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi nilai efisiensi penyisihan logam. Pengujian ini bertujuan agar mendapatkan efisiensi penyisihan logam tembaga yang optimum. Hasil pengujian waktu kontak optimum dapat dilihat pada Gambar 6 berikut :

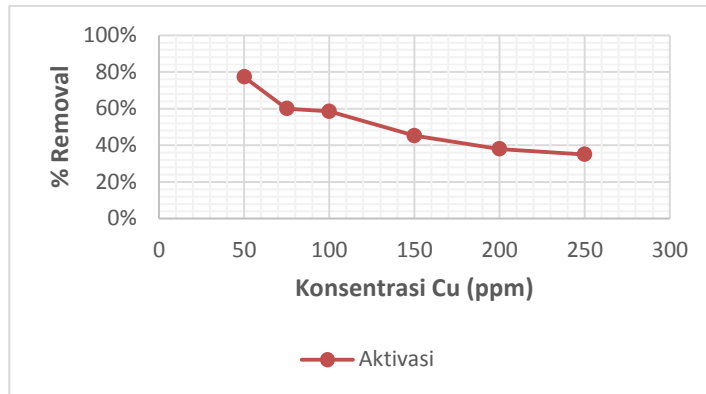


Gambar 6. Grafik Hasil Uji Waktu Kontak

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan efisiensi penyisihan logam tembaga (Cu) pada awal waktu kontak. Setelah itu efisiensi penyisihan logam tembaga (Cu) terus meningkat hingga mencapai waktu kontak 90 menit, namun pada waktu kontak 120 menit terjadi penurunan efisiensi penyisihan logam tembaga (Cu), hal ini menunjukkan bahwa pada waktu kontak 90 menit interaksi antara adsorben dan adsorbat sudah mencapai kesetimbangan, dimana ion Cu yang teradsorpsi oleh adsorben mencapai kondisi yang optimum dan adsorben sudah mencapai keadaan jenuh untuk berinteraksi dengan logam tembaga (Cu).

Uji Efisiensi Kemampuan Adsorben

Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui reaksi adsorpsi serbuk daun matoa pada logam tembaga (Cu) dengan konsentrasi yang berbeda dan semakin tinggi, sehingga dapat diketahui kemampuan maksimal penyerapan logam Cu pada adsorben serbuk daun matoa. Hasil uji efisiensi kemampuan adsorben dapat dilihat pada Gambar 7 berikut :



Gambar 7. Grafik Uji Efisiensi Kemampuan Adsorben

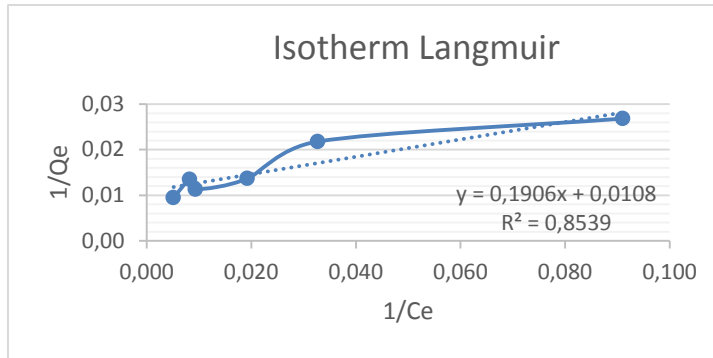
Hasil dari percobaan ini dapat dilihat pada tabel dan grafik diatas yang menunjukkan bahwa semakin tinggi larutan Cu maka semakin kecil pula penyerapan ion Cu yang diserap oleh adsorben dengan massa adsorben yang sama yaitu 0,05 gr. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan adsorben dari daun matoa yang teraktivasi tidak dapat menyerap logam dengan konsentrasi yang tinggi, maka dapat disimpulkan bahwa kemampuan daya serap logam Cu yang optimal pada konsentrasi 50 ppm.

Isotherm Adsorpsi

Pada percobaan ini menggunakan adsorben serbuk daun matoa yang teraktivasi dengan asam sitrat, dilakukan pemodelan isotherm dengan model Langmuir dan Freundlich untuk mengetahui kesetimbangan antara jumlah logam yang diadsorpsi oleh adsorben.

Isotherm Langmuir

Model langmuir mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (*monolayer*) adsorbat di permukaan adsorben. Data dari pengujian konsentrasi larutan Cu diolah menggunakan rumus isotherm langmuir untuk mengetahui kemampuan maksimum penyerapan logam Cu oleh adsorben serbuk daun matoa dapat dilihat pada Gambar 8 berikut :



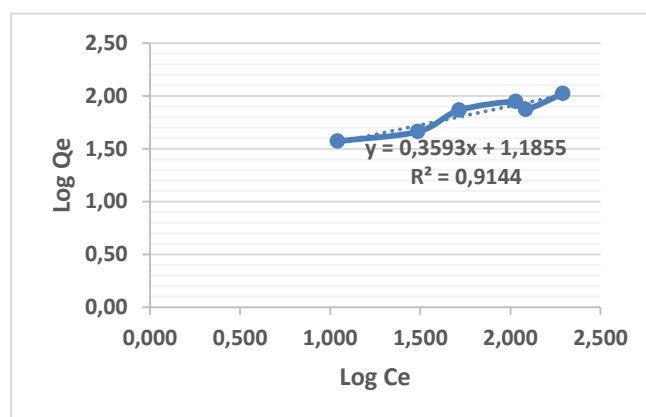
Gambar 8. Persamaan Isotherm Langmuir

Berdasarkan Gambar 8 persamaan isotherm langmuir diperoleh nilai $y = 0,1906x + 0,0108$ sehingga konstanta langmuir diperoleh sebesar 0,0108 dengan slope $R^2 = 0,8539$ yang akan digunakan untuk menghitung nilai Q_m dari adsorben daun matoa yang digunakan dalam penelitian ini. Nilai Q_m yang terhitung sebesar:

$$\begin{aligned}
 Q_m &= 1/a \\
 &= 1/0,0108 \\
 &= 92 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$

Isotherm Freundlich

Isotherm Freundlich digunakan jika diasumsikan bahwa terdapat lebih dari satu lapisan permukaan (*multilayer*) dan site bersifat heterogen, yaitu adanya perbedaan energi pengikatan pada tiap-tiap site. Perhitungan dari persamaan pemodelan Freundlich dapat dilihat pada Gambar 9 berikut :



Gambar 9. Persamaan Isotherm Freundlich

Dari Gambar 6 diperoleh nilai slope $R^2 = 0,9144$ dan nilai konstanta Freundlich didapat pada Tabel 1 berikut :

Tabel 2. Niali Konstanta Freundlich

Keterangan	Nilai
1/N	0,36
N	2,78
ln Kf	1,19
Kf	3,27

Nilai Kf pada persamaan Freundlich menunjukkan kapasitas dari adsorpsi ion logam Cu dari daun matoa, semakin besar nilai Kf maka semakin besar pula kapasitas adsorpsinya. Nilai Kf diperoleh sebesar 3,27.

Pengujian persamaan adsorpsi Langmuir dan Freundlich dapat dilihat dengan grafik linierisasi yang baik dan mempunyai harga koefisien determinasi R^2 mendekati 1. Dari Gambar 4.11 dan Gambar 4.12 terlihat bahwa persamaan adsorpsi Langmuir dengan $R^2 = 0,85$ dan juga persamaan adsorpsi Freundlich dengan $R^2 = 0,9144$. Hal ini menunjukkan bahwa persamaan Freundlich lebih cocok dengan adsorpsi yang terjadi pada logam Cu oleh daun matoa.

Model persamaan Freundlich mengasumsikan bahwa terdapat lebih dari satu lapisan permukaan (*multilayer*) dan sisi bersifat heterogen, yaitu adanya perbedaan energi pengikat pada tiap-tiap sisi dimana proses adsorpsi di tiap-tiap sisi adsorpsi mengikuti isotherm Langmuir. Oleh karena itu penentuan daya adsorpsi maksimum daun matoa pada proses penyerapan logam Cu dihitung dengan menggunakan persamaan Langmuir karena dilakukan terhadap lapisan tunggal zat yang teradsorpsi dari ion logam Cu pada setiap permukaan adsorben dalam satuan mg ion logam Cu yang teradsorp/gram. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa daya adsorpsi maksimum adalah 92 mg/g.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian adsorpsi logam Cu menggunakan adsorben serbuk daun matoa, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Setelah proses aktivasi dengan asam sitrat ($C_6H_8O_7$) 0,1M dapat menghilangkan pengotor dari permukaan adsorben, sehingga membuka pori-pori dan memperluas permukaan adsorben, dan juga kemampuan menyerap logam tembaga Cu lebih besar.

2. Kondisi optimum yang dicapai dengan metode batch pada variasi adsorben adalah 50 mg dengan pH 7, waktu kontak 120 menit dan konsentrasi logam Cu 50 mg/l dalam volume larutan Cu 50 ml dan kecepatan pengadukan 75 rpm.
3. Persamaan isotherm yang cocok untuk proses adsorpsi ion logam tembaga (Cu) pada adsorben daun matoa adalah isotherm Freundlich. Kapasitas penyerapan adsorben daun matoa dalam menyisihkan ion logam tembaga (Cu) sebanyak 92 mg/g.

DAFTAR PUSTAKA

- Hossain, M.A., H.H., Guo, W.S., Nguyen, T.V., 2012. Biosorption of Cu(II) From Water by Banana Peel Based Biosorbent: Experiments and Models of Adsorption and Desorption *Journal of Water Sustainability*.
- Liang, S. Guo, X. Feng, N and Tian, Q. 2009. Adsorption of Cu²⁺ and Cd²⁺ from Aqueous Solution by Mercapto-Acetic Acid Modified Orange Peel. School of Metallurgical Science and Engineering, Central South University, Changsha 410083, China.
- Nurhasni, Hendrawati, dan S.Nubzah., 2014. Sekam Padi untuk Menyerap Ion Logam Tembaga dan Timbal dalam Air Limbah. Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Qaiser, S., Saleemi, A. R., and Ahmad, M. M., 2007. Heavy Metal Uptake by Agro Based Waste Materials. *Journal Of Biotechnology* 411
- Siswantini, C, A., Kuncoro, E, K., dan Soegianto, A., 2013. Penyisihan Timbal Menggunakan Adsorben Serbuk Daun Mangga (*Mangifera indica*). Program Studi S-1 Ilmu dan Teknologi Lingkungan, Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.
- Yudo, S., 2005. Kondisi Pencemaran Logam Berat di Perairan Sungai DKI Jakarta. *Jurnal Air Indonesia*. 2