

PENGARUH AKTIVASI ADSORBEN BIJI PEPAYA TERHADAP ADSORPSI ION LOGAM BESI (Fe) DAN TEMBAGA (Cu) DALAM AIR LIMBAH

Anita Karunia Zustriani

Universitas Islam Negeri Wali Songo

Jl. Prof. Dr. Hamka Kampus II Ngaliyan Semarang 50185 Telp. (024) 76433366

Email: anitazustriani@walisongo.ac.id

ABSTRACT

Research on heavy metals (iron and copper) ions uptake in wastewater using papaya seed powder has been conducted. The purpose of this study was to provide solutions on handling and processing of heavy metal waste in the laboratory. The adsorption method is used for this purpose. Activation of the adsorbent was carried out to determine the effectiveness of the un-activated and activated adsorbents. Activation is done using a neutral activator (aquadest). Papaya seed as the adsorbent agent (both un-activated and activated ones) was used in four mass variations in order to determine the optimum mass of papaya seed powder to absorb the heavy metals. The results show that the optimum adsorbent mass was 2 grams for both metal ions (iron and copper). The activated adsorbent is more effective in the adsorption process. The adsorption efficiency of iron (Fe) metal ions in wastewater was 58.80%, the adsorption capacity value was 257.10 mg/g. While the adsorption efficiency of copper (Cu) metal ions in wastewater was 90.70%, the adsorption capacity value was 345.04mg/g.

Keywords: *papaya seed, adsorption, iron metal ion, copper metal ion*

ABSTRAK

Penelitian tentang penyerapan ion logam berat (besi dan tembaga) dalam air limbah menggunakan serbuk biji pepaya telah dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah memberikan solusi penanganan dan pengolahan limbah logam berat di laboratorium. Metode adsorpsi digunakan untuk tujuan tersebut. Aktivasi adsorben dilakukan untuk mengetahui efektifitas adsorben yang tidak diaktivasi dan yang teraktivasi. Aktivasi dilakukan menggunakan aktivator netral (akuades). Biji pepaya sebagai adsorben (baik yang tidak diaktivasi maupun yang diaktivasi) digunakan dengan empat variasi massa, sehingga diketahui massa optimum serbuk biji pepaya untuk menyerap logam berat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa massa adsorben optimum adalah 2 gram untuk ion logam besi (Fe) maupun tembaga (Cu). Adsorben yang teraktivasi lebih efektif dalam proses adsorpsi. Efisiensi adsorpsi ion logam besi (Fe) dalam air limbah sebesar 58,80%, nilai kapasitas adsorpsinya 257,10 mg/g, sedangkan efisiensi adsorpsi ion logam tembaga (Cu) dalam air limbah sebesar 90,70%, nilai kapasitas adsorpsinya 345,04 mg/g.

Kata kunci: *biji pepaya, adsorpsi, ion logam besi, ion logam tembaga*

PENDAHULUAN

Limbah cair laboratorium umumnya memiliki derajat keasaman (pH) yang sangat rendah, yang artinya sangat asam. Limbah yang sangat asam jika langsung dibuang ke lingkungan dapat merusak jaringan hidup (baik hewan maupun tumbuhan) yang dilaluinya, karena asam bersifat korosif, sehingga diperlukan proses pengolahan yang efektif sebelum dapat membuang limbah cair ke perairan bebas. Disamping memiliki pH yang rendah, limbah cair laboratorium juga mengandung logam-logam berat. Logam berat menjadi masalah utama pencemaran karena logam berat memiliki sifat toksik, juga tidak terdegradasi secara biologis, sehingga limbah logam berat membutuhkan penanganan khusus.

Beberapa metode untuk pengolahan limbah logam berat diantaranya presipitasi dan koagulasi, oksidasi kimia, sedimentasi, filtrasi, pemisahan dengan membran, dan pertukaran ion. Diantara beberapa metode yang ada, adsorpsi lebih sering digunakan karena lebih bersih, lebih efisien, dan lebih murah (Gilbert, et. al., 2011). Adsorpsi terjadi karena adanya interaksi antara permukaan adsorben dengan molekul adsorbat (Abas, et. al., 2013). Kation logam berat dalam limbah cair dapat diserap di permukaan adsorben sehingga konsentrasinya dalam larutan akan menurun. Adsorpsi juga dapat menjernihkan warna limbah dan menghilangkan bau yang ada karena mampu menyerap gas dan partikel yang terkandung dalam limbah cair.

Karbon aktif dan silika gel merupakan adsorben konvensional yang banyak digunakan dalam proses adsorpsi. Adsorben tersebut mempunyai kemampuan adsorpsi yang baik, tetapi relatif mahal. Upaya pencarian adsorben alternatif yang lebih murah baru-baru ini meningkat, terutama adsorben alternatif yang berasal dari alam atau biosorben (Jun Dai, et. al., 2012).

Diantara beberapa adsorben alternatif yang berasal dari limbah pertanian, yang menarik adalah penggunaan biji pepaya. Biji pepaya merupakan limbah pertanian yang dapat dijadikan sebagai adsorben dengan biaya yang murah. Biji pepaya mengandung beberapa senyawa-senyawa aktif seperti alkaloid, flavonoid, glikosida antraknon, tanin, triterpenoid/steroid, dan saponin (T. Pangesti, dkk., 2013). Selain itu, biji pepaya juga memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi, yang berarti memiliki kandungan karbon yang tinggi (F.A. Pavan, et al., 2014), sehingga biji pepaya dapat digunakan sebagai adsorben (biosorben). Semakin tinggi kandungan karbon, semakin baik kemampuannya sebagai adsorben. Salah satu keuntungan menggunakan biomaterial (material biologi) sebagai adsorben adalah mudah diregenerasi. Regenerasi dapat dilakukan melalui desorpsi sehingga dapat dilakukan *recovery* logam-logam yang telah disisihkan dan adanya *reuse* adsorben.

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan solusi penanganan dan pengolahan limbah cair khususnya limbah logam berat di Laboratorium Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang, sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah cair yang langsung dibuang di saluran pembuangan, serta membantu mengurangi limbah pertanian biji pepaya sehingga tidak hanya menjadi sampah, tetapi menjadi sesuatu yang bermanfaat.

BAHAN DAN METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yang dilaksanakan di Laboratorium Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.

Bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain biji pepaya, limbah cair laboratorium, soda caustic (NaOH), asam sulfat, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, dan akuades. Biji pepaya yang digunakan untuk penelitian adalah biji pepaya yang diperoleh dari penjual buah dan penjual rujak di sekitar Kecamatan Ngaliyan, Kota Semarang. Limbah cair laboratorium yang digunakan untuk penelitian adalah limbah cair yang berasal dari sisa kegiatan praktikum di Laboratorium Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian antara lain alat-alat gelas, *hot plate*, oven, *magnetic stirrer*, *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS), FTIR (*Fourier Transform Infra Red*), dan SEM (*Scanning Electron Microscopes*). AAS digunakan untuk menganalisis

kandungan logam berat dalam sampel. FTIR dan SEM digunakan untuk karakterisasi adsorben.

Cara kerja dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

A. Pembuatan Adsorben

Biji pepaya dicuci dengan air bersih, kemudian dididihkan selama 8 jam untuk menghilangkan aril gelatin transparan. Setelah dididihkan 8 jam, kemudian disaring dan dicuci dengan akuades. Setelah dicuci, dikeringkan dengan oven pada suhu 60⁰C selama 48 jam untuk menghilangkan lemak. Biji pepaya yang telah dikeringkan kemudian dihaluskan dan diayak untuk mendapatkan ukuran yang seragam. Serbuk biji pepaya (adsorben) disimpan ke dalam pengering dingin.

B. Aktivasi Adsorben

Adsorben (serbuk biji pepaya) sebanyak ± 100 gram dicuci dengan akuades menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit. Adsorben disaring dan dikeringkan di dalam oven dengan suhu 60⁰C selama 24 jam hingga kering merata. Adsorben biji pepaya yang telah kering kemudian dihaluskan kembali supaya tidak menggumpal dan diayak untuk mendapatkan ukuran yang seragam. Adsorben biji pepaya yang telah diaktivasi kemudian disimpan ke dalam pengering dingin.

C. Penyiapan Sampel Limbah

Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah cair yang berasal dari Laboratorium Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang. Limbah yang dihasilkan dipisahkan antara limbah cair dan limbah padat. Limbah cair ditampung dalam jerigen yang berbeda-beda sesuai karakteristik limbahnya, antara lain limbah organik, limbah logam, dan limbah asam basa. Hal ini dimaksudkan untuk mempermudah pengolahan limbah tersebut. Pada penelitian ini, sampel (limbah cair) yang digunakan adalah limbah logam berat, khususnya limbah logam besi (Fe) dan tembaga (Cu).

D. Pembuatan Larutan Standar

Pembuatan larutan induk besi (Fe) dengan konsentrasi 50 mg/L yaitu dengan menimbang FeCl₂.4H₂O sebanyak 0,0445 gram dan dilarutkan dengan akuades, ditepatkan dalam labu ukur 250 mL. Larutan induk Fe tersebut kemudian diencerkan untuk membuat larutan standar Fe dengan konsentrasi 5 mg/L, 10 mg/L, 15 mg/L, 20 mg/L, 25 mg/L, 30 mg/L, 35 mg/L, 40 mg/L, 45 mg/L, dan 50 mg/L. Berbagai konsentrasi larutan standar Fe tersebut dianalisis menggunakan AAS.

Pembuatan larutan induk tembaga (Cu) dengan konsentrasi 50 mg/L yaitu dengan menimbang CuSO₄.5H₂O sebanyak 0,0491 gram dan dilarutkan dengan akuades, ditepatkan dalam labu ukur 250 mL. Larutan induk Cu tersebut kemudian diencerkan untuk membuat larutan standar Cu dengan konsentrasi 5 mg/L, 10 mg/L, 15 mg/L, 20 mg/L, 25 mg/L, 30 mg/L, 35 mg/L, 40 mg/L, 45 mg/L, dan 50 mg/L. Berbagai konsentrasi larutan standar Cu tersebut dianalisis menggunakan AAS.

E. Analisis Massa Adsorben

Adsorben biji pepaya ditimbang masing-masing sebanyak 0,5; 1; 1,5; dan 2 gram, kemudian ditambahkan larutan ion logam sebanyak 20 mL dengan konsentrasi 20 mg/L, diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 30 menit (berlaku untuk masing-masing logam Fe dan Cu). Setelah itu disaring, filtrat yang dihasilkan ditampung, ditambah 1 tetes asam sulfat pekat, dianalisis menggunakan AAS. Ditentukan massa optimumnya.

Adsorben biji pepaya yang digunakan ada 2 macam, yaitu adsorben biji pepaya yang tidak diaktivasi dan adsorben biji pepaya yang diaktivasi. Dibandingkan keduanya, dipilih yang kapasitas adsorpsi atau efisien adsorpsinya lebih besar. Adsorben dengan

kapasitas adsorpsi atau efisien adsorpsi yang lebih besar yang akan digunakan pada penelitian selanjutnya.

F. Proses Adsorpsi Sampel Limbah

Adsorben biji pepaya ditimbang masing-masing dengan massa sesuai massa optimum, kemudian ditambahkan 20 mL limbah yang mengandung ion logam Fe dan Cu. Larutan kemudian diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 30 menit. Setelah itu disaring, filtrat yang dihasilkan ditampung, ditambah 1 tetes asam sulfat pekat, dianalisis menggunakan AAS.

G. Analisis dengan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS)

Larutan standar yang sudah siap (variasi konsentrasi) dianalisis menggunakan AAS. Data yang didapatkan adalah nilai Absorbansi dari masing-masing konsentrasi logam. Kemudian dibuat grafik antara konsentrasi vs absorbansi. Dari kurva tersebut diperoleh suatu persamaan garis lurus (asumsi mengikuti hukum Lambert Beer), yaitu $y = ax + b$ yang merupakan kurva standar untuk masing-masing logam.

Analisis untuk penentuan massa optimum dan analisis sampel juga menggunakan AAS. Data yang didapatkan adalah data Absorbansi dari masing-masing logam. Dari data absorbansi tersebut diekstrapolasikan ke persamaan kurva standar $y = ax + b$ untuk masing-masing logam.

Data yang didapatkan adalah konsentrasi logam dalam larutan (yang tidak teradsorpsi), sehingga konsentrasi logam yang teradsorpsi merupakan selisih dari konsentrasi awal dan akhir (yang tidak teradsorpsi). Kemudian ditentukan persentase logam teradsorpsi dengan rumus:

$$\text{Efisiensi adsorpsi} = \frac{(C_0 - C)}{C_0} \times 100\%$$

Kapasitas adsorpsi dapat dihitung dengan rumus:

$$Q = \frac{V(C_0 - C)}{m}$$

Dengan:

Q = kapasitas adsorpsi (mg/g)

V = volume larutan (L)

C_0 = konsentrasi awal logam (mg/L)

Ce = konsentrasi akhir logam (mg/L)

m = massa adsorben (g)

H. Karakterisasi Adsorben

Adsorben biji pepaya masing-masing ditimbang sebanyak 1 gram (berlaku untuk adsorben biji pepaya yang tidak diaktivasi dan yang diaktivasi), kemudian dianalisis menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) dan SEM (*Scanning Electron Microscopes*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pembuatan Adsorben

Biji pepaya dicuci dengan air bersih, kemudian dididihkan selama 8 jam untuk menghilangkan aril gelatin transparan. Setelah dididihkan 8 jam, kemudian disaring dan dicuci dengan akuades. Setelah dicuci, dikeringkan dengan oven pada suhu 60⁰C selama 48 jam untuk menghilangkan lemak. Biji pepaya yang telah dikeringkan kemudian dihaluskan dan diayak untuk mendapatkan ukuran yang seragam.



Gambar 1. Proses Pembuatan Adsorben (biji pepaya)

Efisiensi penyerapan adsorben terhadap adsorbat sangat dipengaruhi oleh ukuran partikel adsorben. Semakin kecil ukuran partikel adsorben, maka semakin banyak adsorbat yang terserap. Hal ini disebabkan karena ukuran partikel yang kecil mempunyai tenaga inter molekuler yang lebih besar, sehingga penyerapannya menjadi lebih baik (Sri Ayu, dkk., 2017).

B. Aktivasi Adsorben

Pada proses aktivasi adsorben, serbuk biji pepaya sebanyak ± 100 gram dicuci dengan akuades menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit. Adsorben disaring dan dikeringkan di dalam oven dengan suhu 60°C selama 24 jam hingga kering merata. Aktivasi adsorben bertujuan untuk memodifikasi bagian permukaan adsorben sehingga kapasitas adsorpsi dapat meningkat. Pencucian adsorben yang mengandung selulosa dengan akuades dilakukan untuk menghilangkan komponen-komponen non selulosa yang menempel pada adsorben (U.Sulistiyana, 2010). Selanjutnya adsorben dikeringkan dalam oven dengan suhu 60°C selama 24 jam hingga kering merata.



Gambar 2. Perbedaan Adsorben Sebelum Aktivasi dan Setelah Aktivasi dengan Aquadest

Pada adsorben yang diaktivasi, teksturnya lebih halus yang berarti memiliki ukuran partikel yang lebih kecil dibandingkan dengan adsorben yang tidak diaktivasi. Efisiensi penyerapan adsorben terhadap adsorbat sangat dipengaruhi oleh ukuran partikel adsorben. Semakin kecil ukuran partikel adsorben, semakin besar luas permukaan adsorben, yang akan meningkatkan efisiensi penyerapannya.

C. Pembuatan Kurva Standar/Kurva Kalibrasi

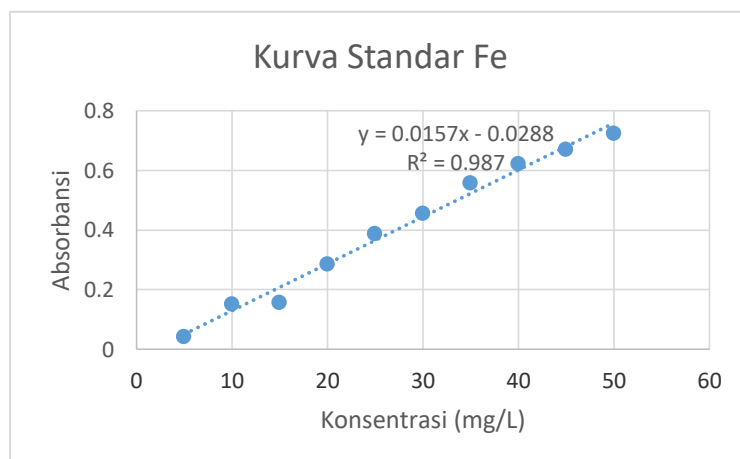
1. Logam besi (Fe)

Pembuatan larutan induk besi (Fe) dengan konsentrasi 50 mg/L yaitu dengan menimbang $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 0,0445 gram dan dilarutkan dengan akuades, ditepatkan dalam labu ukur 250 mL. Larutan induk Fe tersebut kemudian diencerkan untuk membuat larutan standar Fe dengan konsentrasi 5 mg/L, 10 mg/L, 15 mg/L, 20 mg/L, 25 mg/L, 30 mg/L, 35 mg/L, 40 mg/L, 45 mg/L, dan 50 mg/L. Hasil analisa AAS sebagai berikut:

Tabel 1. Data kurva standar logam besi (Fe)

No	Konsentrasi Fe (mg/L)	Absorbansi
1	5	0,0408
2	10	0,1501
3	15	0,1558
4	20	0,2844
5	25	0,3863
6	30	0,4541
7	35	0,5573
8	40	0,6215
9	45	0,6687
10	50	0,7238

Dari tabel diatas, dibuat kurva standar Fe yaitu grafik antara Konsentrasi (sumbu x) dan Absorbansi (sumbu y) dan dihasilkan grafik sebagai berikut:



Gambar 3. Kurva Standar Fe

Dari kurva standar Fe, diperoleh persamaan garis lurus $y = 0,0157x - 0,0288$ dengan $R^2 = 0,987$. Dari persamaan garis lurus ini nantinya digunakan untuk menentukan konsentrasi logam Fe dalam sampel.

2. Logam tembaga (Cu)

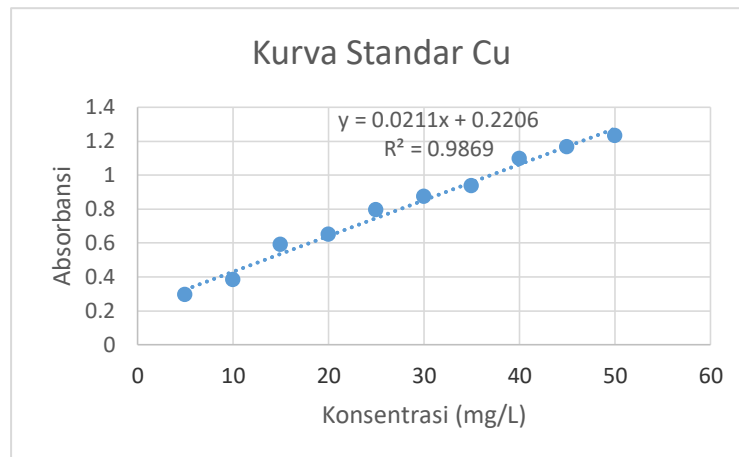
Pembuatan larutan induk tembaga (Cu) dengan konsentrasi 50 mg/L yaitu dengan menimbang $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 0,0491 gram dan dilarutkan dengan akuades, ditepatkan dalam labu ukur 250 mL. Larutan induk Cu tersebut kemudian

diencerkan untuk membuat larutan standar Cu dengan konsentrasi 5 mg/L, 10 mg/L, 15 mg/L, 20 mg/L, 25 mg/L, 30 mg/L, 35 mg/L, 40 mg/L, 45 mg/L, dan 50 mg/L. Hasil analisa menggunakan AAS sebagai berikut:

Tabel 2. Data kurva standar logam tembaga (Cu)

No	Konsentrasi Cu (mg/L)	Absorbansi
1	5	0,2933
2	10	0,3819
3	15	0,5879
4	20	0,6482
5	25	0,7935
6	30	0,872
7	35	0,9355
8	40	1,0956
9	45	1,1637
10	50	1,2307

Dari tabel diatas, dibuat kurva standar Cu yaitu grafik antara Konsentrasi (sumbu x) dan Absorbansi (sumbu y) dan dihasilkan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. Kurva Standar Cu

Dari kurva standar Cu, diperoleh persamaan garis lurus $y = 0,0211x + 0,2206$ dengan $R^2 = 0,9869$. Dari persamaan garis lurus ini nantinya digunakan untuk menentukan konsentrasi logam Cu dalam sampel.

D. Analisis Massa Adsorben

Untuk melihat pengaruh variasi massa adsorben digunakan konsentrasi untuk masing-masing larutan ion logam sebesar 20 ppm (20 mg/L). Variasi massa adsorben yang diujikan adalah 0,5; 1,0; 1,5 dan 2 gram.

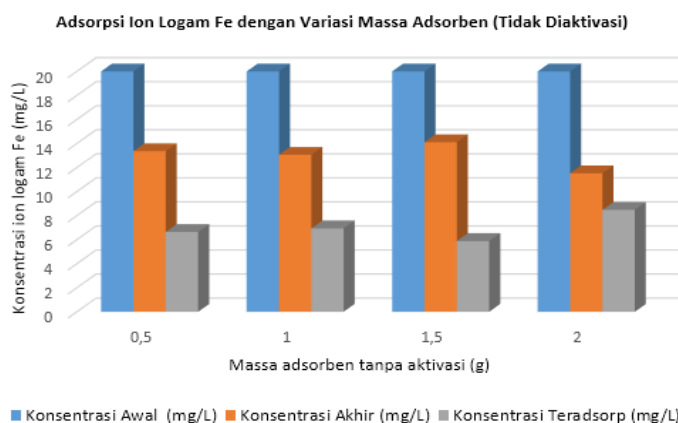
Proses adsorpsi dilakukan pada suhu ruang, pemilihan suhu ruang ini karena proses adsorpsi pada suhu yang semakin tinggi menyebabkan ion logam berat yang terserap oleh adsorben semakin sedikit. Kapasitas adsorpsi berkurang ketika suhu dinaikkan, disebabkan oleh melemahnya energi ikat antara adsorben dan adsorbat (L., Zhao, et. al., 2010).

Tabel 3. Adsorpsi ion logam Fe dengan variasi massa adsorben (adsorben tidak diaktivasi)

No	Massa Adsorben (gr)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Konsentrasi teradsorb (mg/L)
----	---------------------	-------------------------	--------------------------	------------------------------

1	0,5	20	13,36	6,64
2	1	20	13,06	6,94
3	1,5	20	14,11	5,89
4	2	20	11,52	8,48

Dari tabel 3 menunjukkan bahwa penyerapan ion logam Fe secara maksimum terjadi pada massa adsorben 2 gram, dengan efisiensi adsorpsi sebesar 42,40%. Semakin banyak massa adsorben biji pepaya yang digunakan, maka semakin banyak ion logam yang teradsorp, sehingga efisiensi adsorpsinya terhadap ion logam Fe semakin besar. Jika dibuat dalam bentuk grafik, maka hasil adsorpsi ion logam Fe menggunakan adsorben biji pepaya yang tidak diaktivasi sebagai berikut:



Gambar 5. Grafik adsorpsi Fe dengan adsorben biji pepaya tanpa aktivasi

Massa adsorben merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi. Semakin banyak massa adsorben yang digunakan, semakin efektif proses adsorpsi terjadi (Falahiyah, 2015). Hal ini disebabkan karena bertambahnya luas permukaan adsorben, sehingga ion-ion logam lebih banyak teradsorp pada permukaan adsorben/biosorben tersebut (M.A. Ashraf, dkk., 2010).

Bertambahnya massa adsorben biji pepaya sebanding dengan bertambahnya jumlah partikel dan luas permukaan adsorben, sehingga menyebabkan jumlah tempat mengikat ion logam juga bertambah dan efisiensi adsorpsi pun meningkat.

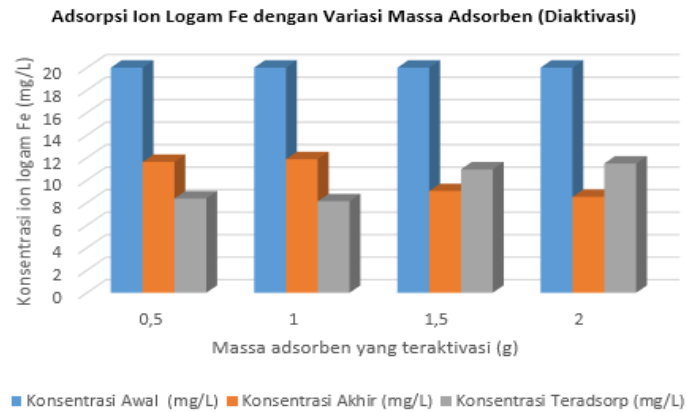
Tabel 4. Adsorpsi ion logam Fe dengan variasi massa adsorben (adsorben diaktivasi)

No	Massa Adsorben (gr)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Konsentrasi teradsorb (mg/L)
1	0,5	20	11,62	8,38
2	1	20	11,87	8,13
3	1,5	20	9,033	10,967
4	2	20	8,516	11,484

Dari tabel 4 menunjukkan bahwa penyerapan ion logam Fe secara maksimum terjadi pada massa adsorben 2 gram, dengan efisiensi adsorpsi sebesar 57,42%. Semakin banyak massa adsorben biji pepaya yang digunakan, maka semakin banyak ion logam yang teradsorp, sehingga efisiensi adsorpsinya terhadap ion logam Fe semakin besar.

Adsorpsi dengan menggunakan adsorben biji pepaya yang diaktivasi menghasilkan efisiensi adsorpsi yang lebih besar dibandingkan dengan adsorpsi menggunakan adsorben yang tidak diaktivasi, hal ini disebabkan karena adsorben biji pepaya yang diaktivasi mempunyai tekstur lebih halus yang berarti mempunyai ukuran partikel yang lebih kecil, sehingga luas permukaannya semakin besar.

Jika dibuat dalam bentuk grafik, maka hasil adsorpsi ion logam Fe menggunakan adsorben biji pepaya yang diaktivasi sebagai berikut:



Gambar 6. Grafik adsorpsi Fe dengan adsorben biji pepaya teraktivasi

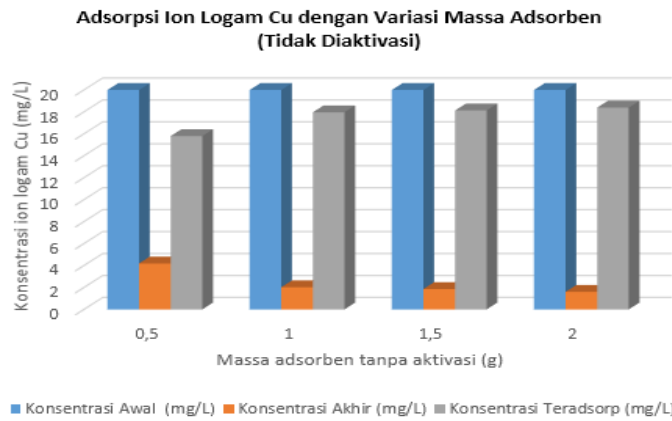
Dari Grafik 5 dan 6, terlihat dengan jelas perbedaan penggunaan adsorben biji pepaya yang tanpa aktivasi dan yang diaktivasi. Pada penggunaan adsorben biji pepaya yang tidak diaktivasi, konsentrasi akhir ion logam Fe masih lebih tinggi daripada konsentrasi yang teradsorp. Penggunaan adsorben biji pepaya yang diaktivasi, pada massa adsorben 1,5 dan 2 gram, konsentrasi ion logam Fe yang teradsorp lebih tinggi daripada konsentrasi yang tersisa. Penggunaan adsorben biji pepaya yang diaktivasi lebih efektif dibandingkan dengan adsorben biji pepaya yang tidak diaktivasi.

Tabel 5. Adsorpsi ion logam Cu dengan variasi massa adsorben (adsorben tidak diaktivasi)

No	Massa Adsorben (gr)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Konsentrasi teradsorb (mg/L)
1	0,5	20	4,196	15,804
2	1	20	2,032	17,968
3	1,5	20	1,865	18,135
4	2	20	1,605	18,395

Dari tabel 5 menunjukkan bahwa penyerapan ion logam Cu secara maksimum terjadi pada massa adsorben 2 gram, dengan efisiensi adsorpsi sebesar 91,975%. Semakin banyak massa adsorben biji pepaya yang digunakan, maka semakin banyak ion logam yang teradsorp, sehingga efisiensi adsorpsinya terhadap ion logam Cu juga semakin besar.

Jika dibuat dalam bentuk grafik, maka hasil adsorpsi ion logam Cu menggunakan adsorben biji pepaya yang tidak diaktivasi sebagai berikut:



Gambar 7. Grafik adsorpsi Cu dengan adsorben biji pepaya tanpa aktivasi

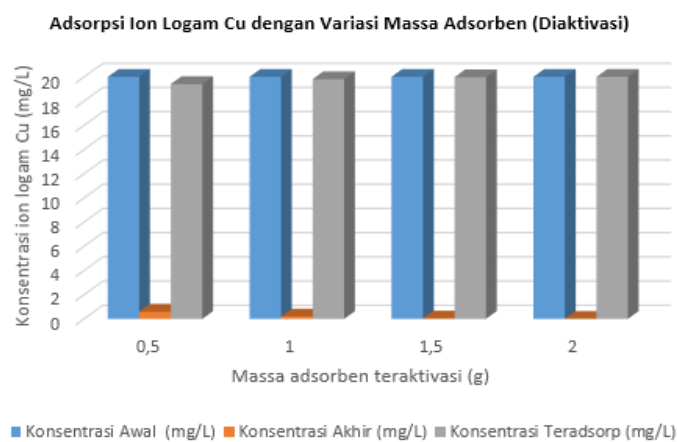
Sedangkan data adsorpsi ion logam Cu dengan adsorben biji pepaya yang diaktivasi disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Adsorpsi ion logam Cu dengan variasi massa adsorben (adsorben diaktivasi)

No	Massa Adsorben (gr)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Konsentrasi teradsorb (mg/L)
1	0,5	20	0,596	19,404
2	1	20	0,190	19,810
3	1,5	20	0,028	19,972
4	2	20	0,000	20,000

Dari tabel 6 menunjukkan bahwa penyerapan ion logam Cu secara maksimum terjadi pada massa adsorben 2 gram, dengan efisiensi adsorpsi sebesar 100%. Semakin banyak massa adsorben biji pepaya yang digunakan, maka semakin banyak ion logam yang teradsorb, sehingga efisiensi adsorpsinya terhadap ion logam Cu juga semakin besar.

Jika dibuat dalam bentuk grafik, maka hasil adsorpsi ion logam Cu menggunakan adsorben biji pepaya yang diaktivasi sebagai berikut:



Gambar 8. Grafik adsorpsi Cu dengan adsorben biji pepaya teraktivasi

Seperti halnya pada Fe, adsorpsi ion logam Cu dengan menggunakan adsorben biji pepaya yang teraktivasi lebih efektif jika dibandingkan dengan adsorben biji pepaya yang tidak diaktivasi.

Dari hasil analisa terlihat bahwa jenis logam tembaga (Cu) lebih mudah terserap dibandingkan dengan jenis logam besi (Fe). Hal ini disebabkan karena jari-jari atom Cu lebih kecil daripada jari-jari atom Fe. Daya adsorpsi adsorben biji pepaya

lebih besar pada logam yang memiliki jari-jari atom lebih kecil, yaitu logam Cu. Logam Fe memiliki jari-jari atom yang lebih besar, dimana semakin besar jari-jari atomnya maka semakin kecil harga energi ionisasinya sehingga semakin mudah suatu unsur untuk melepaskan elektron. Jika suatu unsur mudah melepaskan elektron, maka kekuatan ikatan logamnya semakin kuat.

Tabel 7 menunjukkan jari-jari atom dari beberapa unsur. Jari-jari atom tersebut dalam satuan pikometer (pm).

Tabel 7. Jari-jari atom

Sumber: Enrico Clementi, 1967

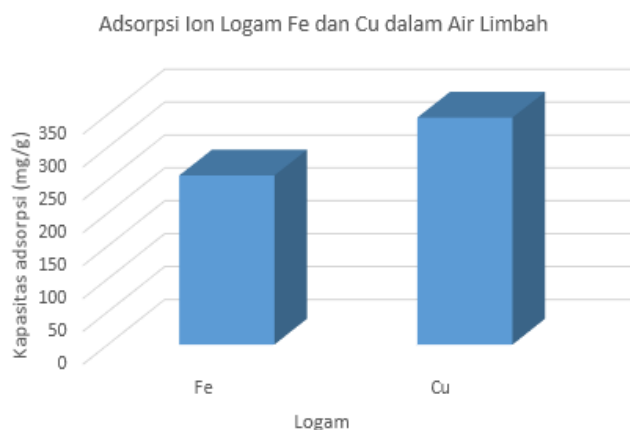
E. Proses Adsorpsi Sampel Limbah

Kapasitas adsorpsi adsorben biji pepaya bergantung pada karakteristiknya, seperti: tekstur (luas permukaan, distribusi ukuran pori), kimia permukaan (gugus fungsi pada permukaan). Selain itu juga bergantung pada karakteristik adsorpsi bobot molekul, polaritas, pKa, ukuran molekul, dan gugus fungsi. Kondisi larutan juga berpengaruh, seperti: pH, konsentrasi, dan adanya kemungkinan adsorpsi terhadap zat lain.

Tabel 8. Hasil adsorpsi adsorben biji pepaya terhadap ion logam Fedan Cu dalam air limbah

No	Logam	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Konsentrasi teradsorb (mg/L)
1	Fe	43,72	18,01	25,71
2	Cu	38,04	3,536	34,504

Dari tabel 8 menunjukkan bahwa penyerapan ion logam Fe dan Cu dalam air limbah menghasilkan efisiensi adsorpsi yang berbeda. Untuk ion logam Fe, dari konsentrasi awal 43,72 mg/L berhasil diserap sebanyak 25,71 mg/L, sehingga efisiensi adsorpsinya sebesar 58,80%. Untuk ion logam Cu, dari konsentrasi awal 38,04 mg/L berhasil diserap sebanyak 34,504 mg/L, sehingga efisiensi adsorpsinya sebesar 90,70%. Kapasitas adsorpsi dari proses adsorpsi ion logam Fe dan Cu dalam air limbah ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9. Grafik kapasitas adsorpsi ion logam Fe dan Cu dalam air limbah

Pada kondisi yang sama, kapasitas adsorpsi ion logam Cu lebih besar daripada kapasitas adsorpsi ion logam Fe. Hal ini disebabkan karena jari-jari atom Cu lebih kecil daripada jari-jari atom Fe. Logam Fe memiliki jari-jari atom yang lebih besar, dimana semakin besar jari-jari atomnya maka semakin kecil harga energi ionisasinya sehingga semakin mudah suatu unsur untuk melepaskan elektron. Jika suatu unsur mudah melepaskan elektron, maka kekuatan ikatan logamnya semakin kuat.

Mekanisme yang terjadi pada proses adsorpsi dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Molekul-molekul adsorbat berpindah dari fase bagian terbesar larutan ke permukaan *interface*, yaitu lapisan film yang melapisi permukaan biosorben.
2. Molekul adsorbat dipindahkan dari permukaan ke permukaan luar dari biosorben.
3. Molekul-molekul adsorbat dipindahkan dari permukaan luar biosorben menyebar menuju pori-pori biosorben. Fase ini disebut dengan difusi pori.
4. Molekul adsorbat menempel pada permukaan pori-pori biosorben.

(D. Suhendra, dkk., 2010)

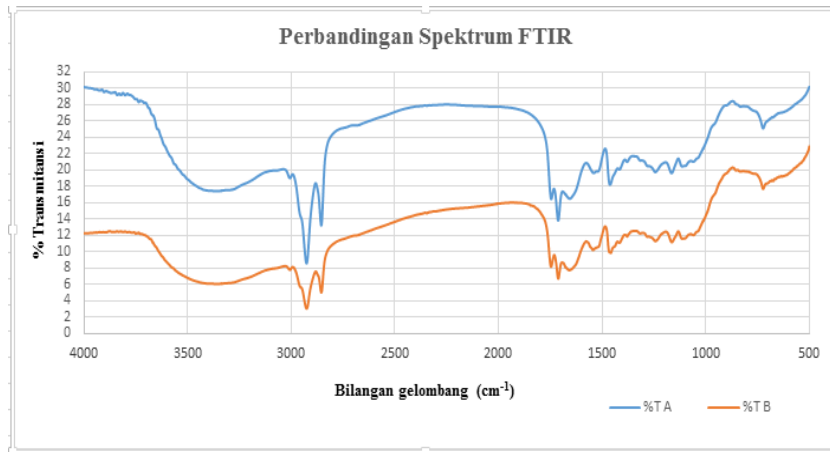
F. Karakterisasi Adsorben

1. Karakterisasi Adsorben dengan FTIR

Analisis gugus fungsional adsorben dilakukan dengan uji *Fourier Transform Infra Red* (FTIR). Uji FTIR pada adsorben diperlukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam adsorben.

Uji FTIR menunjukkan keberadaan gugus fungsi dengan merepresentasikan melalui peak besar serapan spektrum % transmittan (sumbu Y) yang terbentang pada suatu bilangan gelombang (sumbu X). Setiap jenis gugus fungsi memiliki bentang bilangan gelombang tersendiri. Penentuan jenis gugus fungsi dapat ditentukan dengan lokasi peak serapan spektrum % transmittan yang terdapat pada suatu bilangan gelombang.

Untuk mempermudah analisis, disajikan dalam satu grafik antara adsorben biji pepaya yang tidak diaktivasi dengan adsorben biji pepaya yang diaktivasi.



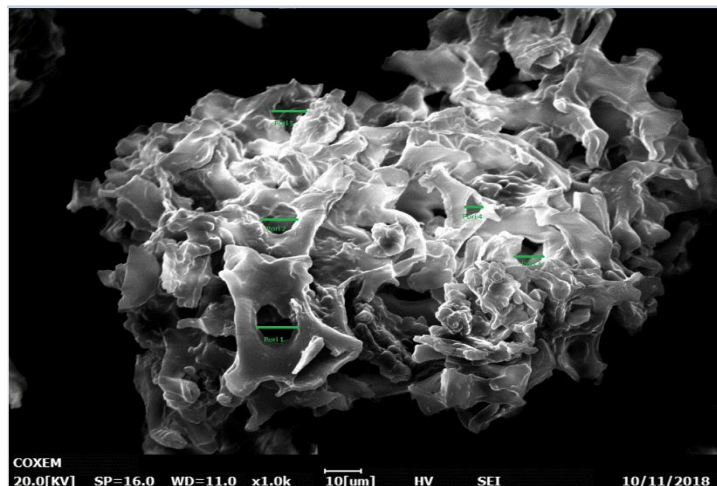
Gambar 10. Perbandingan spektrum FTIR antara adsorben biji pepaya yang tidak diaktivasi dengan yang diaktivasi

Berdasarkan gambar 10 maka dapat diketahui bahwa gugus fungsi yang terdapat pada adsorben biji pepaya sebelum aktivasi (%TB) dan setelah aktivasi (%TA) adalah sama. Tetapi spektrum FTIR untuk setiap gugus fungsi pada adsorben biji pepaya yang diaktivasi mengalami sedikit pergeseran bilangan gelombang.

Bilangan gelombang menunjukkan serapan vibrasi dari sebuah gugus fungsi, yang hubungannya berbanding terbalik dengan massa atau kuantitas atom yang bervibrasi. Saat terjadi penurunan bilangan gelombang, maka hal ini menunjukkan serapan vibrasi dari gugus fungsi tersebut berkurang, yang berarti massa atau kuantitas dari gugus fungsi tersebut semakin banyak (Sastrohamidjojo, 2007). Pada adsorben biji pepaya, sebelum dan setelah aktivasi mengalami sedikit pergeseran bilangan gelombang. Pada adsorben biji pepaya yang diaktivasi, terjadi penurunan bilangan gelombang, yang berarti massa atau kuantitas gugus fungsinya semakin banyak.

2. Karakterisasi Adsorben dengan SEM

Analisis SEM (*Scanning Electron Microscope*) dilakukan untuk mengetahui struktur permukaan dan ukuran partikel dari adsorben biji pepaya. Berdasarkan hasil analisis SEM, adsorben biji pepaya yang tidak diaktivasi maupun yang diaktivasi memiliki ukuran pori yang bervariasi, seperti ditunjukkan pada gambar 11 dan gambar 12.

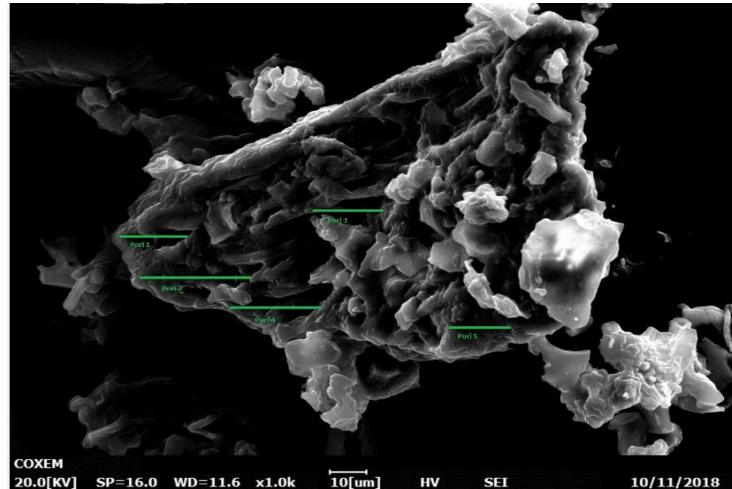


Gambar 11. Ukuran pori adsorben biji pepaya yang tidak diaktivasi

Gambar 11 menunjukkan bahwa ukuran pori adsorben biji pepaya yang tidak diaktivasi bervariasi. Diambil beberapa titik untuk menentukan ukuran pori. Pori 1

berdiameter 11,23 μm , pori 2 berdiameter 9,69 μm , pori 3 berdiameter 7,85 μm , pori 4 berdiameter 4,61 μm , dan pori 5 berdiameter 9,23 μm .

Berbagai variasi ukuran pori dari adsorben biji pepaya yang diaktivasi ditunjukkan pada gambar 12.



Gambar 12. Ukuran pori adsorben biji pepaya yang diaktivasi

Ukuran pori adsorben biji pepaya yang diaktivasi bervariasi. Diambil beberapa titik untuk menentukan ukuran pori. Pori 1 berdiameter 18 μm , pori 2 berdiameter 29,54 μm , pori 3 berdiameter 18,61 μm , pori 4 berdiameter 24,15 μm , dan pori 5 berdiameter 16,15 μm .

Jika dilihat dari ukuran pori, adsorben biji pepaya yang diaktivasi memiliki ukuran pori yang lebih besar, sehingga mampu menyerap logam lebih banyak (kapasitas adsorpsinya lebih besar). Proses aktivasi adsorben mampu menghilangkan pengotor-pengotor yang menyumbat pori dan membuka pori adsorben.

KESIMPULAN

Adsorben biji pepaya yang diaktivasi lebih efektif dalam adsorpsi ion logam besi (Fe) dan tembaga (Cu).

Efisiensi adsorpsi ion logam besi (Fe) dalam air limbah sebesar 58,80%, nilai kapasitas adsorpsinya 257,10 mg/g. Sedangkan efisiensi adsorpsi ion logam tembaga (Cu) dalam air limbah sebesar 90,70%, nilai kapasitas adsorpsinya 345,04mg/g.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada LP2M UIN Walisongo Semarang yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian ini.

Terima kasih yang setulus-tulusnya untuk semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini, mulai dari penyediaan biji pepaya sampai terselesaikannya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Abas, et. al., 2013, Adsorption Process of Heavy Metals by Low-Cost Adsorbent: A Review, World Applied Sciences Journal 28(11), 1518-1530.

D. Suhendra dan E.R. Gunawan, 2010, Pembuatan Arang Aktif dari Batang Jagung Menggunakan Aktivator Asam Sulfat dan Penggunaannya Pada Penjerapan Ion Tembaga ((II), Makara, Sains, Vol. 14, No. 1.

- Falahiyah, 2015, Adsorpsi Methylene Blue Menggunakan Abu dari Sabut dan Tempurung Kelapa Teraktivasi Asam Sulfat, UIN Maulana Malik Ibrahim, Malang.
- F.A. Pavan, E.S. Campicho, E.L. Guilherme and V.T.A. Branco, 2014, *Formosa Papaya Seed Powder (FPSP): Preparation, Characterization And Application As On Alternative Adsorben For The Removal Of Crystal Violet From Aqueous Phase*, Journal of Environmental Chemical Engineering 2, 230-238.
- Gilbert, et. al., 2011, Biosorptive Removal of Pb^{2+} and Cd^{2+} Onto Novel Biosorbent: Defatted *Carica papaya* Seeds, Journal of Biomass and Bioenergy 35, 2517-2525.
- Jun Dai, et. al., 2012, Adsorption of Cr(VI) and Speciation of Cr(VI) and Cr(III) in Aqueous Solutions Using Chemically Modified Chitosan, International Journal of Environmental Research and Public Health, 9, 1757-1770.
- M.A. Ashraf, M.J. Maah, and I. Yusoff, 2010, Study of Banana Peel (*Musa sapientum*) as a Cationic Biosorben, American-Eurasian J. Agric & Environ Sci, Vol.8(1): 7-17.
- Pangesti, I.N. Fitriani, F. Ekaputra, And Hermawan, 2013, *Sweet Papaya Seed Candy Antibacterial Escherichia coli Candy With Papaya Seed (Carica papaya L.)*, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Sastrohamidjojo, Hardjono, 2007, Kromatografi Edisi II Cetakan Keempat, Liberty, Yogyakarta.
- Sri Ayu, dkk., 2017, Pengaruh Massa dan Ukuran Partikel Adsorben Sabut Kelapa Terhadap Efisiensi Penyisihan Fe Pada Air Gambut, Jom FTEKNIK, Vol. 4, No.1.
- Sulistiyana, 2010, Studi Pendahuluan Adsorpsi Kation Ca dan Mg (Penyebab Kesadahan) Menggunakan Selulosa Bakterial Nata De Coco dengan Metode Batch, Prosiding Skripsi Semester Genap Jurusan Kimia FMIPA ITS Surabaya.