



Adsorpsi Logam Fe (II) dalam Limbah Cair Artifisial Menggunakan Komposit Kitosan-Karbon Aktif Cangkang Buah Karet

Zainal Arifin*, Dedy Irawan, Muh. Kasim, dan Mulyana Fajar

Program Studi Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda
Jalan Dr. Ciptomangunkusumo, Kampus Gunung Lipan, Samarinda, Kalimantan Timur 75131

*E-mail: zainalarifin@polnes.ac.id

Abstract

Heavy metals have been recognized as harmful environmental pollutant known to produce highly toxic effects on different organs and systems of both humans and animals. Removal of a heavy metal ion Fe (II) from artificial wastewater has been successfully performed by adsorption process using chitosan-rubber seed shells activated carbon (CRSSAC) composite in a batch system. CRSSAC1, CRSSAC2, and CRSSAC3 were prepared by adding 1, 2, and 3 grams of rubber seed shells activated carbon into 100 ml chitosan solution then dropped into a 3% STPP-Ethanol solution. The adsorption process has been conducted for wastewater at pH 5 by adding 3 grams of the composite into 50 ml of solution. Samples were stirred using a shaker with time variations on 5, 10, 15, 20, and 25 minutes at a speed of 150 rpm. Samples were filtered and then analyzed using AAS. The results showed that the best conditions were obtained for CRSSAC1 with adsorption time of 25 minutes which can decrease 0.1236 mg Fe (II) for a gram of composite.

Keywords: adsorption, chitosan, heavy metal, rubber seed shells, wastewater

Pendahuluan

Limbah buangan dari proses tempering baja, industri pertambangan dan pengolahan batubara mengandung sejumlah besi, nikel, tembaga dan seng (Aksu et al., 1999). Meskipun besi dalam bentuk ion Fe (II) dan Fe (III) merupakan salah satu mikro-nutrisi untuk manusia, hewan, dan tumbuhan, namun pada konsentrasi tinggi dapat menyebabkan masalah yang tidak diinginkan baik dalam ekosistem maupun proses industri. Kadar besi yang tinggi dapat menyebabkan rasa atau bau yang tidak enak dalam air minum dan menyebabkan penyumbatan pipa atau jalur transmisi di industri proses karena terbentuknya hidroksida besi (Kim, 2004). Oleh karena itu, sejumlah besar air limbah yang mengandung zat besi harus diolah dahulu sebelum dibuang ke lingkungan.

Beberapa teknologi proses telah dikembangkan untuk menghilangkan besi dari fase larutan seperti teknologi membran, pertukaran ion, ekstraksi, koagulasi-flokulasi, presipitasi, elektrokoagulasi, dan adsorpsi. Keuntungan dari proses adsorpsi dibandingkan proses lainnya di atas antara lain: tidak terbentuk endapan seperti pada presipitasi dan koagulasi-flokulasi, tidak menyebabkan *fouling* yang terjadi pada teknologi membran (Park et al., 2010).

Kitin dan terutama kitosan merupakan salah satu adsorben untuk menjerap ion logam pada proses pengolahan air dan air limbah (Varma et al., 2004). Kitosan adalah biopolimer yang diperoleh dari proses termo-hidrolisis alkali kitin yang berasal dari komponen krustasea seperti kerang dan udang. Kitosan dapat dikondisikan dalam berbagai bentuk dan ukuran, seperti nanopartikel, mikropartikel, manik-manik, dan membran. Modifikasi kimia seperti pertautan silang (*cross-linking*) dapat dilakukan untuk meningkatkan ketahanan adsorben terhadap biodegradasi kimia dan mikrobiologi.

Bangun, dkk. (2016) telah berhasil menurunkan konsentrasi ion Fe menggunakan karbon aktif cangkang buah karet dengan memvariasikan massa karbon aktif dan waktu kontak. Kapasitas adsorpsinya mencapai 0,3325 mg Fe/g karbon aktif dengan massa optimum 1,5 gram dan waktu kontak 90 menit. Penggunaan kitosan hidrogel manik mampu menghilangkan ion Fe (II) hingga 72,85% dalam waktu 50 menit (Aryananda, 2016). Keberhasilan kedua peneliti di atas menjadi ide penelitian ini yaitu menggabungkan kedua adsorben menjadi komposit untuk menjerap ion logam Fe (II) dalam limbah cair. Sehingga diharapkan proses adsorpsinya berjalan lebih efektif dan efisien.

Metode Penelitian

Bahan dan Peralatan

Kitosan diperoleh dari PT Biotech Surindo Cirebon dengan derajat deasetilasi 83,63%. Larutan asam sulfat 7%, asam asetat 1%, etanol 99%, sodium tripolifosfat 3%, formaldehida 0,1 M, dan larutan induk Fe.



Alat-alat yang digunakan antara lain: *Shaker IKA KS 130 control*, peralatan gelas, *Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)*.

Prosedur Penelitian

Pembuatan Arang Aktif Cangkang Buah Karet

Cangkang buah karet dipisahkan dari kulitnya, dicuci dan dijemur kemudian dikarbonisasi pada suhu 500°C selama satu jam. Arang hasil karbonisasi digerus dan diayak 100 mesh kemudian direndam dalam larutan H₂SO₄ dengan konsentrasi 7% selama 24 jam. Setelah perendaman, arang disaring, dicuci, dan dikeringkan dalam oven dengan suhu 110°C selama 1 jam kemudian diaktivasi fisika selama 60 menit pada suhu 600°C di dalam tanur.

Pembuatan Komposit Kitosan-Karbon Aktif Cangkang Buah Karet

Kitosan serbuk sebanyak 1 gram dilarutkan ke dalam 100 mL asam asetat 1% (v/v) dan diaduk selama 4 jam. Selanjutnya ditambahkan karbon aktif cangkang buah karet sebanyak 1 gram sambil terus diaduk selama 1 jam. Larutan diteteskan dengan kecepatan 1,5 ml/menit pada 500 ml larutan 3% STPP-Etanol menurut perbandingan 4:1 sambil diaduk selama 7 jam. Komposit yang didapatkan kemudian dicuci hingga netral. Selanjutnya dilakukan *cross-linking* dengan merendam komposit dalam larutan formaldehida 0,1 M dengan rasio 1:1 selama 30 menit kemudian dicuci hingga netral dan kompositnya disebut CRSSAC1. Mengulangi prosedur di atas untuk variasi penambahan 2 gram dan 3 gram karbon aktif cangkang buah karet hingga diperoleh CRSSAC2 dan CRSSAC3.

Percobaan Adsorpsi Logam Fe (II)

Sebanyak 50 mL larutan Fe (II) konsentrasi 8 ppm kondisi pH 5 dipipet ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan 3 gram CRSSAC1 kemudian diaduk menggunakan *shaker* dengan variasi waktu 5, 10, 15, 20, dan 25 menit dengan kecepatan 150 rpm. Larutan disaring dan filtratnya dianalisis menggunakan alat AAS untuk mengetahui konsentrasi Fe (II) yang tersisa. Prosedur yang sama dilakukan untuk penambahan CRSSAC2 dan CRSSAC3. Jumlah logam Fe (II) yang terjerap (q_t , mg/g) dihitung berdasarkan selisih konsentrasi Fe (II) sebelum dan sesudah adsorpsi menurut persamaan berikut:

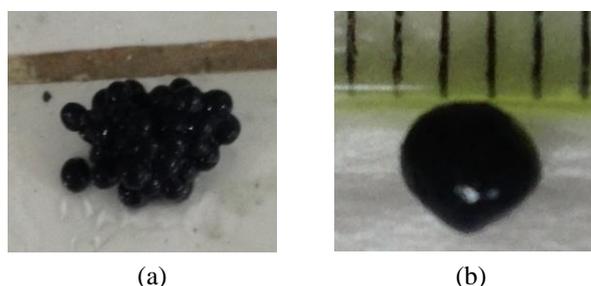
$$q_t = \frac{(C_0 - C_t)V}{W} \quad (1)$$

dimana C_0 adalah konsentrasi Fe (II) awal (ppm), C_t adalah konsentrasi Fe (II) setelah adsorpsi pada waktu tertentu (ppm), V adalah volum larutan (L), dan W adalah massa adsorben (g).

Hasil dan Pembahasan

Komposit Kitosan-Karbon Aktif

Komposit yang dihasilkan berbentuk bola, bagian tengah padat, berwarna hitam, tidak lengket, diameter ± 2 mm dengan kadar air 89,33% (Gambar 1). Modifikasi kimia dengan cara *cross-linking* memberikan struktur komposit lebih padat dan keras. Diharapkan komposit ini juga tahan terhadap lingkungan asam (pH 5) dalam aplikasinya.



Gambar 1. Komposit kitosan-karbon aktif cangkang buah karet

Karakterisasi Karbon Aktif Cangkang Buah Karet

Cangkang buah karet telah berhasil diproses menjadi karbon aktif berbentuk serbuk dengan kualitas seperti yang terlihat pada Tabel 1 berikut:

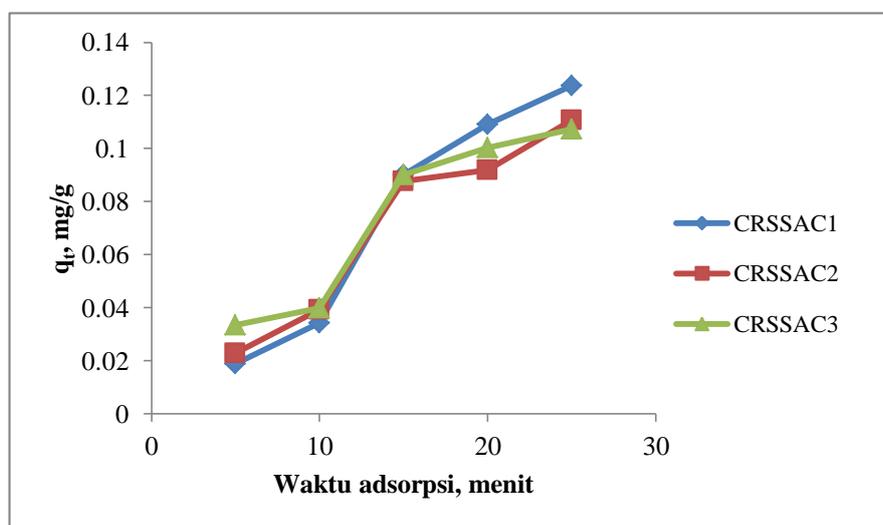
Tabel 1. Kualitas Karbon Aktif Cangkang Buah Karet

No.	Parameter	SNI No. 06-3730-1995	Hasil
1	Kadar air, (%)	Maks. 15	12,78
2	Kadar abu, (%)	Maks. 10	5,57
3	Bagian yang hilang pada pemanasan 950°C, (%)	Maks. 25	17,18
4	Karbon aktif murni, (%)	Min. 65	64,48
5	Daya serap terhadap I ₂ , (mg/g)	Min. 750	1096,59

Daya serap terhadap I_2 merupakan salah satu parameter penting yang dapat menunjukkan kualitas karbon aktif sebagai adsorben. Daya serap terhadap I_2 suatu adsorben memiliki korelasi dengan luas permukaan adsorben. Semakin besar daya serap terhadap I_2 -nya, semakin besar kemampuan adsorben dalam menyerap adsorbat.

Pengaruh Waktu Adsorpsi

Secara umum, waktu adsorpsi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi dimana semakin lama waktu adsorpsi memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik, sehingga adsorbat yang terjerap semakin banyak. Pengaruh waktu adsorpsi terhadap jumlah adsorbat yang terjerap dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh waktu adsorpsi terhadap jumlah logam Fe (II) terjerap

Berdasarkan grafik tersebut di atas dapat dilihat bahwa komposit karbon aktif-kitosan dapat menurunkan konsentrasi logam Fe (II). Komposit karbon aktif-kitosan memiliki kemampuan menyerap ion logam karena didalamnya terdapat karbon aktif dan kitosan, dimana karbon aktif memiliki pori-pori yang terisi oleh kitosan yang juga dapat mengikat logam Fe (II) sehingga logam Fe (II) akan terjerap lebih banyak. Kitosan dapat membentuk senyawa kompleks dengan ion logam (McKay et al., 1987). Hal ini dikarenakan kitosan mempunyai gugus amina ($-NH_3$) dan gugus hidroksil ($-OH$) yang dapat digunakan sebagai tempat bereaksi dan berkoordinasi. Atom nitrogen yang ada pada gugus amina ($-NH_3$) menyediakan pasangan elektron bebas yang dapat bereaksi dengan kation logam, sehingga kation logam dapat tertarik dan membentuk ikatan kitosan-logam.

Penggunaan komposit CRSSAC3, tidak semua permukaan karbon aktif terlapsi oleh kitosan karena karbon aktif yang bertindak sebagai substrat hanya sedikit yang tersalut kitosan, sehingga lebih banyak pori karbon aktif yang bertindak sebagai adsorben adsorbat (Lasindrang dkk., 2014). Logam Fe (II) lebih banyak yang terjerap pada pori karbon aktif, sehingga semakin lama waktu maka pori karbon aktif yang kosong akan semakin menyusut dan mengurangi jumlah adsorbat yang dapat terjerap.

Sedangkan pada penggunaan CRSSAC1, semua permukaan karbon aktif terlapsi oleh kitosan, sehingga lebih banyak kitosan yang dapat mengikat logam aktif dalam gugus aktifnya. Komposit kitosan-karbon aktif menyebabkan ion logam ditarik oleh komposit dalam kombinasi dari daya fisik kompleks dan reaksi kimia kitosan membentuk interaksi melalui pembentukan ikatan kimia logam dengan gugus-gugus fungsional kitosan. Logam Fe (II) yang terjerap pada lapisan kitosan termasuk fisisorpsi yang umumnya memiliki lapisan ganda (multilayer) dalam hal ini tiap lapisan molekul terbentuk diatas lapisan-lapisan yang proporsional dengan konsentrasi kontaminan. Makin besar konsentrasi kontaminan dalam suatu larutan maka makin banyak lapisan molekul yang terbentuk dalam adsorben (Resmianty, 2012), sehingga pada variasi penambahan 1 gram karbon aktif lebih banyak kitosan yang melapsi karbon aktif yang berarti lebih banyak lapisan molekul yang terdapat dalam adsorben tersebut.

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama waktu adsorpsi dan semakin sedikit karbon aktif yang ditambahkan dalam komposit, jumlah logam Fe (II) yang terjerap akan semakin banyak. Kondisi terbaik diperoleh pada waktu adsorpsi 25 menit menggunakan komposit CRSSAC1 yang dapat menurunkan logam Fe (II) sebanyak 0,1236 mg/g.



Daftar Pustaka

- Aksu Z, Calik A, Dursun AY, Demircan Z. Biosorption of iron (III)-cyanide complex anions to *Rhizopus arrhizus*: application of adsorption isotherms. *Process Biochem* 1999; 34: 483–491.
- Aryananda B. Pengaruh waktu adsorpsi terhadap penurunan konsentrasi logam Fe dan Mn menggunakan kitosan hidrogel. Politeknik Negeri Samarinda, Skripsi, 2016.
- Bangun TA, Zaharah TA, Shofiyani A. 2016. Pembuatan arang aktif dari cangkang buah karet untuk adsorpsi ion besi (II) dalam larutan. <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/jkkmipa/article/viewFile/14908/13130&sa> (diakses 5 Oktober 2016).
- Kim D. Adsorption characteristics of Fe (III) and Fe (III)-NTA complex on granular activated carbon. *J. Hazard. Mater.* 2004; 106: 67–84.
- Lasindrang M, Suwarno, Hadisusanto, Nitisastro KH, Tandjung SD. Adsorpsi pencemaran limbah cair industri penyamakan kulit oleh kitosan yang melapisi arang aktif tempurung kelapa. *Jurnal Teknosains* 2014; 3 (2): 81-166.
- Mckay G, Blair HS, Grant S. Desorption of copper from a copper-chitosan complex. *J. Chem. Tech. Biotechnol.* 1987, 40: 63-74.
- Park D, Yun YS, Park JM. The past, present, and future trends of biosorption. *Biotechnology and Bioprocess Engineering* 2010, 15: 86-102.
- Resmianty T. Efektifitas kitosan dan biofilter eceng gondok (*Eichornia crassipes* (Mart) Solm) dan Kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*) sebagai adsorben pada pengolahan limbah yang mengandung logam Hg, Cd dan Pb. Institut Pertanian Bogor, Tesis, 2012.
- Varma AJ, Deshpande SV, Kennedy JF. Metal complexation by chitosan and its derivatives: A review, *Carbohydr. Polym.*, 2004; 55: 77–93.





Lembar Tanya Jawab

Moderator : **Jarot Raharjo (Pusat Teknologi Material BPPT, Serpong)**
Notulen : **Shafira Rahma Firdausy (UPN "Veteran" Yogyakarta)**

1. Penanya : I. K. Gary D. (UPN "Veteran" Yogyakarta)
Pertanyaan : Bagaimana cara menentukan fungsi kitosan? Sebagai adsorben atau hanya menjerap logam Fe?
Jawaban : Faktor yang berpengaruh adalah :
 - a. Derajat deaktivasi menjadi salah satu parameter yang penting dalam aplikasi. Kitosan sebagai adsorben.
 - b. Kitosan dan karbon aktif sama-sama sebagai adsorben
 - c. Kitosan dapat digunakan untuk menjerap logam dan zat warna.

2. Penanya : Arrossy Fannymia (UPN "Veteran" Yogyakarta)
Pertanyaan : Komposisi dibuat dengan koagulan 3 % STPP : Etanol Perbandingan 4 : 1
Jawaban : STPP sebagai koagulan etanol untuk mengeluarkan air dari komposit yang terbentuk. Perbandingan 4:1 diperoleh dari salah satu jurnal

