

PENGARUH VARIASI KONSENTRASI LOGAM MANGAN (Mn) TERHADAP EFISIENSI PENYISIHAN LOGAM BESI (Fe) PADA ADSORPSI MENGGUNAKAN SERBUK KULIT JAGUNG SEBAGAI ADSORBEN

Shinta Indah, Denny Helard, Rika Yedriana

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Andalas

E-mail: shintaindah@ft.unand.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh konsentrasi logam Mn dalam air terhadap efisiensi penyisihan logam Fe pada proses adsorpsi menggunakan adsorben kulit jagung. Penelitian dilakukan dengan sistem batch pada temperatur kamar dan kondisi optimum adsorpsi Fe yaitu pH adsorbat 4, diameter adsorben 0,075-0,250 mm dan dosis adsorben 20 g/L dengan waktu pengamatan sampai 60 menit dan kecepatan pengadukan 100 rpm. Larutan yang digunakan berupa larutan artifisial dengan variasi konsentrasi $Fe > Mn$, $Fe = Mn$, dan $Fe < Mn$. Dari hasil penelitian didapatkan efisiensi penyisihan Fe pada variasi konsentrasi $Fe > Mn$, $Fe = Mn$, dan $Fe < Mn$ berturut-turut adalah 98,55%; 95,64%; 94,19% dan penyisihan Mn sebesar 80,29%; 87,30%; 89,71%. Hasil ini menunjukkan bahwa terjadi kompetisi adsorpsi antara Fe dan Mn pada adsorben kulit jagung, sehingga mempengaruhi proses difusi ion-ion logam tersebut untuk mencapai sisi aktif dari adsorben. Efisiensi penyisihan Fe semakin menurun dengan semakin meningkatnya konsentrasi Mn dalam larutannya, namun efisiensi penyisihan Fe tetap lebih tinggi dari Mn pada semua variasi konsentrasi. Hal ini disebabkan selain karena proses adsorpsi dilakukan pada kondisi optimum penyisihan Fe dengan adsorben kulit jagung, juga karena jari-jari ion Fe yang lebih kecil dari Mn sehingga ion Fe cenderung lebih cepat teradsorpsi pada sisi aktif adsorben.

Kata kunci: adsorpsi, Fe, kompetisi, Mn, kulit jagung

ABSTRACT

This research aims to analyze the effect of Mn concentration on the removal efficiency of Fe from aqueous solution by maize husk as adsorbent. Batch experiments were carried out at ambient temperature with the optimum condition for Fe removal i.e. 4 of pH solution, 0,075-0,250 mm of adsorbent diameter and 20 g/L of adsorbent dose with 60 min of contact time and 100 rpm of agitation speed. The variation of Mn concentration in the aqueous solutions were $Fe > Mn$, $Fe = Mn$, and $Fe < Mn$. The results showed that the removal efficiencies of Fe in those variation of concentration were 98,55%; 95,64%; 94,19%, while the removal efficiencies of Mn were 80,29%; 87,30%; 89,71%, respectively. The results indicated that the competitive adsorption of Fe and Mn occurred in maize husk as adsorbent and affected the diffusion properties of those metal ions for the adsorption sites on the adsorbent. The removal efficiency of Fe decreased as the Mn concentration increased in the solution. However, the removal efficiencies of Fe were still higher than Mn in all variations of concentration. This may due to the condition that used in the adsorption process was the optimum condition of Fe adsorption onto maize husk and also to the ionic radii of Fe that is smaller than Mn, thus Fe ions reached the adsorption site faster than Mn.

Keywords: adsorption, competition, Fe, Mn, maize husk

PENDAHULUAN

Di antara logam-logam berat esensial dalam air tanah, kandungan besi (Fe) dan mangan (Mn) memiliki kadar yang relatif tinggi. Kadar Fe dapat mencapai 10-100 mg/L pada air tanah dalam dengan kadar oksigen yang rendah (Effendi, 2003), sedangkan kadar Mn dapat mencapai 2 mg/L (Kawamura, 1991).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada beberapa lokasi di Kota Padang, didapatkan konsentrasi logam Fe dalam air tanah berada pada rentang 0,9-10,6 mg/L (Gustilisa, 2006). Pemerintah melalui PP RI/82/ 2001 untuk kualitas muku kelas I tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air dan Permenkes No. 492/Menkes/PER/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum, menetapkan konsentrasi besi adalah 0,3 mg/L. Sementara menurut Permenkes RI No.416/Menkes/PER/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air, kadar maksimum yang diperbolehkan untuk Fe pada air bersih adalah 1 mg/L. Oleh karena itu diperlukan metoda pengolahan yang tepat dalam penurunan logam-logam terlarut tersebut agar memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan.

Salah satu metoda yang dapat digunakan untuk menyisihkan logam berat dalam air tanah adalah metoda adsorpsi. Adsorpsi adalah proses dimana molekul pencemar terkonsentrasi pada permukaan adsorben. Proses adsorpsi ini melibatkan dua komponen utama yaitu adsorbat yang merupakan substansi yang akan disisihkan dari cairan dan adsorben yang merupakan padatan dimana di atasnya terjadi pengumpulan substansi yang disisihkan (Reynold dan Richards, 1996).

Hasil studi membuktikan bahwa material-material yang mengandung selulosa dapat digunakan untuk mengolah limbah logam berat (Igwe *et al.*, 2005). Kulit jagung merupakan limbah pertanian yang mengandung selulosa dan hemiselulosa pada strukturnya (Kurakake *et al.*, 2001). Penelitian tentang kemampuan kulit jagung sebagai adsorben dalam menyisihkan logam Fe dari air telah dilakukan dan didapatkan kapasitas adsorpsi sebesar 0,499 mg Fe/g serbuk kulit jagung (Indah *et al.*, 2016).

Keberadaan ion lain dalam sistem adsorpsi dapat mempengaruhi atau bahkan mengganggu proses adsorpsi yang terjadi. Hal ini disebabkan karena sisi-sisi aktif dari adsorben juga dapat mengadsorpsi ion lain selain ion target. Barros *et al* (2003) menyatakan bahwa keberadaan ion lain yaitu Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , dan Ca^{2+} dalam air berkompetisi dengan Cr^{3+} sehingga berpengaruh terhadap adsorpsi Cr^{3+} tersebut pada zeolit. Penelitian lain juga mengungkapkan bahwa keberadaan Fe^{2+} mengganggu adsorpsi Mn^{2+} oleh *pithacelobium dulce carbon* (Emmanuel & Rao, 2008). Sementara penyisihan arsenat oleh *nanoscale iron-manganese binary oxide-loaded zeolite* tidak terpengaruh dengan keberadaan *natural organic matter* dalam larutan (Kong *et al.*, 2014). Selain itu, penelitian tentang kompetisi adsorpsi ion Zn^{2+} , Cd^{2+} dan Pb^{2+} dalam larutan menggunakan kulit dan tongkol jagung sebagai adsorben yang dilakukan Igwe *et al.* (2005) mendapatkan hasil bahwa efisiensi penyisihan masing-masing ion logam dipengaruhi oleh keberadaan ion logam yang lain.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh keberadaan Mn terhadap efisiensi penyisihan Fe pada adsorpsi menggunakan kulit jagung sebagai adsorben. Dari penelitian ini dapat dipelajari kompetisi yang terjadi pada kedua logam untuk terikat pada sisi-sisi aktif adsorben. Proses adsorpsi dilakukan dengan sistem *batch* pada variasi konsentrasi awal Fe dan Mn. Konsentrasi kedua ion logam pada semua perlakuan diukur dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

METODOLOGI

Persiapan adsorben

Kulit jagung yang digunakan sebagai adsorben didapatkan dari limbah industri kecil yang menggunakan jagung sebagai bahan bakunya. Industri kecil ini berlokasi di Belakang Olo Padang. Perlakuan awal terhadap kulit jagung adalah kulit jagung dibersihkan, dicuci dengan air, dipotong-potong, dan dijemur di udara terbuka (Indah *et al.*, 2016)). Sebelum digunakan sebagai adsorben, kulit jagung digrinder dan diayak hingga diameter (0,075-0,250) mm). Selanjutnya serbuk kulit jagung dicuci

dengan akuades dan dikeringanginkan pada temperatur kamar selama 1 hari.

Pembuatan Larutan Artifisial

Larutan artifisial Fe dibuat dengan melarutkan Besi Amonium Sulfat (Fe(NH₄)₂ (SO₄)₂ . 6H₂O) dengan aquades. Sementara larutan artifisial Mn dibuat dari Mangan Sulfat (MnSO₄.4H₂O). Larutan yang digunakan untuk percobaan merupakan larutan campuran antara larutan artifisial Fe volume 50 ml dan larutan artifisial Mn volume 50 ml dengan variasi konsentrasi Fe > Mn, Fe = Mn dan Fe < Mn.

Percobaan Adsorpsi

Percobaan adsorpsi dilakukan secara duplo dengan sistem *batch* pada kondisi optimum adsorpsi Fe yaitu pH adsorbat 4, diameter adsorben 0,075-0,250 mm dan dosis adsorben 20 g/L dengan waktu pengamatan sampai 60 menit dn kecepatan pengadukan 100 rpm. Variasi konsentrasi larutan dipilih dari rentang konsentrasi logam Fe dan Mn dalam air tanah kota Padang yaitu berturut-turut (1-10) mg/L dan (0,1-2) mg/L (Gustilisa, 2006), sehingga didapatkan variasi konsentrasi dimana Fe>Mn, Fe=Mn, dan Fe<Mn. **Tabel 1** menampilkan variasi konsentrasi Fe dan Mn yang digunakan pada percobaan adsorpsi.

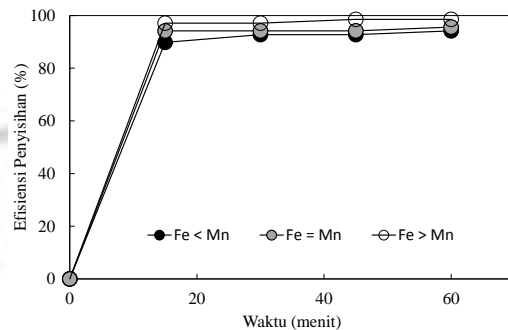
Selanjutnya dilakukan percobaan adsorpsi Fe menggunakan adsorben kulit jagung pada sampel air tanah dengan variasi konsentrasi alamiahnya untuk membandingkan dengan hasil yang didapatkan pada percobaan adsorpsi pada larutan artifisial. Metode analisis konsentrasi Fe dan Mn dilakukan dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) pada panjang gelombang 248,3 nm untuk logam Fe (SNI 06-6989.4.2004) dan 279,5 nm untuk logam Mn (SNI 06-69895-2004).

Tabel 1. Variasi Konsentrasi Fe dan Mn pada Percobaan Adsorpsi

No	Variasi Konsentrasi	Konsentrasi Fe (mg/L)	Konsentrasi Mn (mg/L)
1.	Fe>Mn		0,1
2.	Fe=Mn	1	1
3.	Fe<Mn		2

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil percobaan adsorpsi Fe menggunakan adsorben kulit jagung pada variasi konsentrasi Fe>Mn, Fe=Mn, dan Fe<Mn ditampilkan pada **Gambar 1**. Dari **Gambar 1** dapat dilihat bahwa efisiensi penyisihan Fe berkisar antara 89,82-98,54% dan secara umum efisiensi mengalami peningkatan bersamaan dengan bertambahnya waktu sampai pada kondisi kesetimbangan yaitu pada menit ke-15. Setelah melewati kondisi ini, efisiensi penyisihan Fe pada ketiga variasi konsentrasi cenderung tidak mengalami peningkatan yang berarti. Pada variasi konsentrasi Fe<Mn, 15 menit pertama efisiensi penyisihan logam Mn yaitu 89,83% kemudian meningkat pada menit ke 45 menjadi 92,73% dan naik menjadi 94,19% pada menit ke-60. Hal yang sama juga terjadi pada variasi konsentrasi Mn= Fe dan Fe>Mn dengan nilai efisiensi yang berbeda.



Gambar 1. Efisiensi penyisihan Fe pada proses adsorpsi menggunakan kulit jagung sebagai adsorben pada variasi konsentrasi Fe dan Mn.

Menurut Ju dan Ezuma (2014) pada awal waktu kontak tingkat adsorpsi ion lebih tinggi karena semua situs di adsorben kosong dan konsentrasi ion tinggi, tetapi akan terjadi penurunan jumlah situs adsorpsi yang tersedia, sehingga mengurangi tingkat adsorpsi karena telah mencapai kondisi kesetimbangan. Jumlah ion teradsorpsi pada saat kesetimbangan mencerminkan kapasitas adsorpsi maksimum dari adsorben. Selain itu, Mengistie *et al.* (2008) menyatakan efisiensi penyisihan meningkat dengan sangat cepat pada saat awal waktu kontak kemudian berlangsung konstan hingga mencapai waktu kesetimbangan dan setelah mencapai waktu kesetimbangan peningkatan

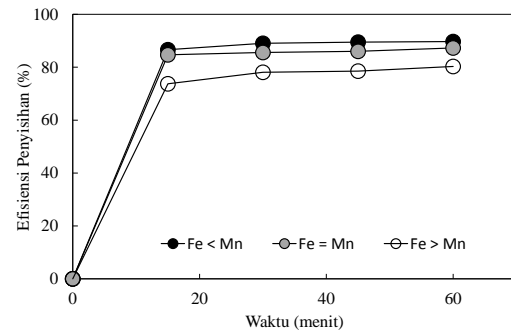
efisiensi penyisihan berlangsung sangat lambat hingga mencapai titik jenuh.

Hasil proses adsorpsi juga menunjukkan bahwa dari perbandingan efisiensi penyisihan Fe pada ketiga variasi konsentrasi ini, efisiensi penyisihan Fe paling tinggi diperoleh pada variasi konsentrasi $Fe > Mn$. Kemudian diikuti dengan efisiensi penyisihan variasi konsentrasi $Fe = Mn$, dan paling rendah pada variasi konsentrasi $Fe < Mn$. Hal ini mengungkapkan bahwa efisiensi penyisihan Fe menurun sejalan dengan meningkatnya konsentrasi Mn yang terdapat dalam larutan.

Lebih besarnya nilai efisiensi penyisihan logam Fe pada variasi konsentrasi $Fe > Mn$ dibandingkan variasi konsentrasi lainnya disebabkan oleh pengaruh variasi konsentrasi logam Mn yang diberikan pada larutan logam Fe yang memiliki konsentrasi tetap. Dalam hal ini logam Fe lebih banyak terserap di saat keberadaan atau konsentrasi logam Mn tersebut lebih rendah.

Di samping itu pada saat variasi konsentrasi $Fe > Mn$, memberikan keleluasaan bagi Fe untuk menguasai proses transfer massa sehingga memperbesar kesempatan Fe untuk berkontak atau bertumbukan dengan sisi aktif adsorben. Hal yang sama juga terjadi pada penelitian Baral (2006) yang menyatakan bahwa dengan semakin besarnya jumlah ion Cr(VI) suatu larutan dalam proses adsorpsi menyebabkan semakin besarnya keleluasaan bagi logam Cr(VI) tersebut untuk menguasai proses transfer massa dari adsorbat ke adsorben.

Dalam mempelajari pengaruh variasi konsentrasi Mn terhadap efisiensi penyisihan Fe ini, juga perlu dilihat besarnya efisiensi penyisihan Mn. Dari hasil analisa, didapatkan bahwa efisiensi penyisihan Mn berkisar antara 73,73-89,71%, lebih rendah dari efisiensi penyisihan Fe yaitu 89,82-98,54%. Efisiensi penyisihan Mn tertinggi diperoleh pada variasi konsentrasi $Fe < Mn$ yaitu 89,71%, diikuti efisiensi penyisihan pada variasi konsentrasi $Fe = Mn$ dan $Fe > Mn$ yaitu berturut-turut 87,30% dan 80,30%. Efisiensi penyisihan Mn semakin rendah jika konsentrasi Fe yang terdapat dalam larutan semakin tinggi. Hasil lengkap penyisihan Mn dapat dilihat pada **Gambar 2**.



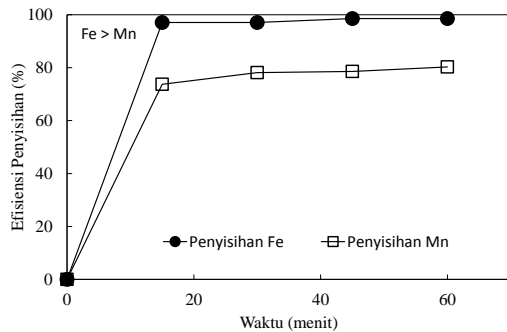
Gambar 2. Efisiensi penyisihan Mn pada proses adsorpsi menggunakan kulit jagung sebagai adsorben pada variasi konsentrasi Fe dan Mn.

Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin rendah variasi konsentrasi Mn yang diberikan pada konsentrasi Fe yang tetap, menyebabkan adsorpsi Mn pada kulit jagung menjadi menurun. Hal ini membuktikan bahwa faktor konsentrasi memegang peranan penting dalam proses adsorpsi, dimana semakin tinggi konsentrasi adsorbat, semakin banyak ionnya terdapat dalam larutan, semakin tinggi pula kemungkinannya untuk dapat teradsorpsi, sehingga akan diperoleh efisiensi penyisihan yang lebih tinggi pula (Eckenfelder, 2000). Selain itu, lebih rendahnya efisiensi penyisihan Mn dibanding Fe juga disebabkan karena kondisi percobaan yang digunakan adalah kondisi optimum untuk penyisihan Fe, sehingga kemampuan Mn dalam bersaing dengan logam Fe untuk terikat pada sisi aktif dari adsorben menjadi tidak optimum.

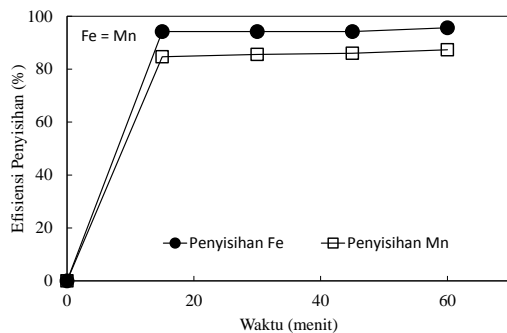
Untuk lebih jelasnya, perbedaan efisiensi penyisihan antara Fe dan Mn dari masing-masing variasi konsentrasi dapat dilihat pada **Gambar 3, 4** dan **5**. Pada **Gambar 3**, dengan variasi konsentrasi awal Fe 1 mg/L dan Mn 0,1 mg/L dalam 60 menit proses adsorpsi, terlihat bahwa perbedaan efisiensi penyisihan Fe dan Mn relatif besar dimana didapatkan efisiensi penyisihan Fe berada kisaran nilai 97,09-98,54% dan efisiensi penyisihan Mn dengan kisaran 73,73-80,30%.

Pada variasi konsentrasi $Fe = Mn$ yaitu 1 mg/L, diperoleh efisiensi penyisihan Fe dan Mn berturut-turut berkisar antara 94,19-95,64% dan 84,68-87,30%. Hasil ini menunjukkan bahwa perbedaan tingkat efisiensi masih terjadi dan efisiensi

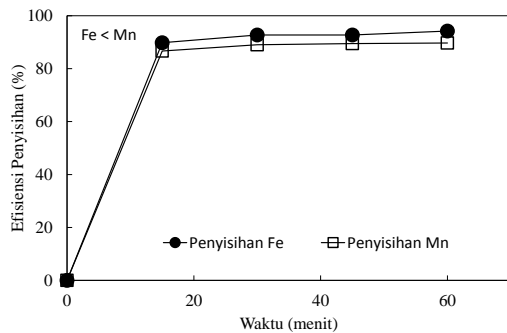
penyisihan Fe tetap memiliki nilai yang lebih tinggi dari pada efisiensi penyisihan Mn. Hal tersebut dapat dilihat lebih jelas pada **Gambar 4**.



Gambar 3. Perbandingan efisiensi penyisihan Fe dan Mn pada variasi konsentrasi Fe > Mn (konsentrasi awal Fe = 1 mg/L; konsentrasi awal Mn = 0,1 mg/L).



Gambar 4. Perbandingan efisiensi penyisihan Fe dan Mn pada variasi konsentrasi Fe = Mn (konsentrasi awal Fe = 1 mg/L; konsentrasi awal Mn = 1 mg/L).



Gambar 5. Perbandingan efisiensi penyisihan Fe dan Mn pada variasi konsentrasi Fe < Mn (konsentrasi awal Fe = 1 mg/L; konsentrasi awal Mn = 2 mg/L).

Sementara pada **Gambar 5** ditampilkan perbandingan efisiensi penyisihan Fe dan Mn pada variasi konsentrasi Fe < Mn, dimana konsentrasi Fe adalah 1 mg/L dan Mn 2 mg/L. Pada kondisi ini, didapatkan efisiensi penyisihan Fe dan Mn berturut-turut berada

dalam rentang 89,83-94,19% dan 86,65-89,71%. Hal ini menunjukkan bahwa walaupun konsentrasi awal Mn dalam larutan lebih tinggi dari Fe, namun efisiensi penyisihan Fe pada proses adsorpsi menggunakan adsorben kulit jagung tetap lebih tinggi daripada efisiensi penyisihan Mn.

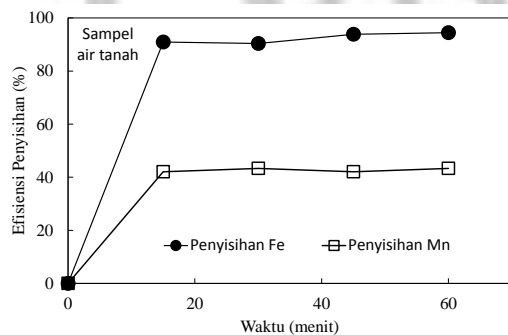
Dari ketiga gambar yang menampilkan perbandingan efisiensi penyisihan Fe dan Mn, dapat dibuktikan bahwa terjadi kompetisi adsorpsi antara Fe dan Mn pada adsorben kulit jagung. Kompetisi adsorpsi ini mempengaruhi proses difusi ion-ion logam tersebut untuk mencapai sisi aktif dari adsorben, sehingga dapat mengakibatkan penurunan efisiensi penyisihan logam-logam tersebut (Igwe *et al.*, 2005).

Selain itu, juga dapat dilihat bahwa efisiensi penyisihan logam Fe selalu memiliki kisaran nilai yang lebih tinggi dari logam Mn. Terlihat juga efisiensi penyisihan logam Fe memiliki nilai tertinggi jika konsentrasinya lebih besar dari konsentrasi logam Mn. Hal ini terjadi karena selain didukung oleh kondisi optimum penyisihan untuk logam Fe, juga disebabkan karena adanya kecenderungan bahwa Fe lebih mudah disisihkan daripada Mn. Hal ini dimungkinkan karena sifat kimia seperti jari-jari ion (Igwe *et al.*, 2005) yang dimiliki oleh Fe dan Mn. Jari-jari ion adalah jari-jari dari kation atau anion yang dihitung berdasarkan jarak antara dua inti kation dan anion dalam kristal ionik. Dalam satu golongan pada sistem periodik unsur, dari atas ke bawah, jari-jari ion cenderung semakin besar, sebagaimana penambahan kulit elektron. Dalam periode, dari kiri ke kanan, terjadi pengecilan jari-jari ion (Syukri, 1999). Dari tabel periodik dapat dilihat bahwa Fe dan Mn berada dalam periode yang sama dengan urutan nomor atom Fe=26 dan Mn=25, sehingga posisi Fe berada lebih ke kanan dari Mn. Dari posisi tersebut, dapat disimpulkan bahwa jari-jari ion Fe lebih kecil dari Mn. Dari tabel periodik diketahui lebih lanjut bahwa jari-jari ion Fe dan Mn adalah berturut-turut 0,75 Å dan 0,81 Å. Semakin kecil jari-jari ion suatu logam, daya tarik inti dari ion tersebut juga akan semakin besar, yang mengakibatkan logam tersebut semakin cepat berikatan dengan sisi aktif adsorben

(Syukri, 1999; Igwe *et al.*, 2005). Dalam hal ini, karena jari-jari ion Fe lebih kecil dari Mn, ion Fe lebih cepat teradsorpsi ke sisi aktif adsorbent kulit jagung dibandingkan dengan Mn.

Percobaan Aplikasi dengan Menggunakan Sampel Air Tanah

Untuk membuktikan kemampuan serbuk kulit jagung sebagai adsorben untuk penyisihan logam Fe dan Mn, dilakukan aplikasi proses adsorpsi tersebut untuk menyisihkan logam Fe dan Mn yang terkandung dalam air tanah. Sampel air tanah diambil dari sumur yang berlokasi di Kampus Fakultas Teknik, Universitas Andalas. Dari hasil analisis konsentrasi dengan SSA didapatkan kandungan Fe yang lebih tinggi dari Mn dalam sampel air tanah yaitu berturut-turut adalah 6,02 mg/L dan 0,79 mg/L. Setelah dilakukan adsorpsi pada keadaan optimum yaitu pH adsorbat 4, diameter adsorben 0,075-0,250 mm dan dosis adsorben 20 g/L dengan waktu pengamatan sampai 60 menit dan kecepatan pengadukan 100 rpm, diperoleh hasil seperti disajikan pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Perbandingan efisiensi penyisihan Fe dan Mn dari sampel air tanah dengan menggunakan kulit jagung sebagai adsorben (konsentrasi awal Fe = 6,02 mg/L; konsentrasi awal Mn = 0.79 mg/L)

Gambar 6 menunjukkan bahwa dengan kondisi konsentrasi awal Fe yang lebih besar dari Mn, didapatkan efisiensi penyisihan Fe yang lebih tinggi juga dari Mn. Dalam waktu pengamatan selama 60 menit, efisiensi penyisihan Fe berada dalam rentang 90,96-94,46% dan Mn berkisar 42,04-43,31%. Efisiensi penyisihan yang didapat lebih rendah dari efisiensi yang diperoleh pada percobaan dengan larutan artifisial dan

rentang perbedaan efisiensi penyisihan Fe dan Mn juga lebih besar. Hal ini disebabkan karena dalam sampel air tanah juga terkandung beragam ion lain yang juga berkompetisi untuk dapat teradsorpsi pada sisi aktif adsorben kulit jagung, sehingga mengganggu efisiensi penyisihan Fe dan Mn.

SIMPULAN

Terjadi kompetisi adsorpsi Fe dan Mn pada proses adsorpsi menggunakan adsorben kulit jagung;

Pada variasi konsentrasi logam Mn dalam larutan logam Fe yang tetap yaitu Fe>Mn; Fe=Mn; dan Fe<Mn, diperoleh efisiensi penyisihan logam Fe berturut-turut adalah 98,55%; 95,64%; 94,19% dan penyisihan Mn adalah 80,29%; 87,30%; 89,71%.

Keberadaan logam Mn dalam larutan mempengaruhi efisiensi penyisihan Fe oleh adsorben kulit jagung, dimana didapatkan bahwa semakin tinggi konsentrasi Mn, maka efisiensi penyisihan Fe semakin menurun;

Efisiensi penyisihan masing-masing logam menjadi tidak optimal jika konsentrasi salah satu logam mendominasi atau lebih besar dari logam lainnya;

Efisiensi penyisihan terhadap logam Fe selalu lebih besar daripada Mn di setiap variasi konsentrasi yang diuji disebabkan karena proses adsorpsi dilakukan pada kondisi optimum penyisihan Fe pada adsorben kulit jagung dan lebih kecilnya jari-jari ion logam Fe daripada jari-jari ion logam Mn, sehingga ion Fe lebih cepat teradsorpsi ke sisi aktif adsorbent kulit jagung dibandingkan dengan Mn.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan dana untuk penelitian ini kepada DIPA Universitas Andalas, sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Pekerjaan Penelitian Nomor: 088/H.16/PL/DIPA/I/2009, tanggal 2 April 2009.

DAFTAR PUSTAKA

Barros, M.A.S.D., Zola, A.S., Arroyo, P.A., Sousa-Aguiar, E.F., Tavares, C.R.G. (2003) *Binary Ion Exchange of Metal Ions in Y and X Zeolites*. Brazilian

- Journal of Chemical Engineering. Vol. 20, No. 04, pp. 413 – 421.
- Eckenfelder. (2000). *Industrial Water Pollution Control*. Mc Graw-Hill. Singapura.
- Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Kanisius, Yogyakarta.
- Emmanuela, K.A. dan Rao, V.A. (2008) *Adsorption of Mn (II) from Aqueous Solutions using Pithacelobium Dulce Carbon*. Rasayan Journal of Chemistry. Vol.1, No.4, pp 840-852.
- Gustilisa, R. 2006. *Penyisihan Logam Fe dengan Menggunakan Expanded Perlite Sungai Geringging Pariaman Sebagai Adsorben. Tugas Akhir*. Tugas Akhir. Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Andalas. Padang.
- Igwe, J.C., Ogunewe, D.N., Abia, A.A. 2005. *Competitive Adsorption of Zn(II), Cd(II) and Pb(II) Ions from Aqueous and Non-Aqueous Solution by Maize Cob and Husk*. African Journal of Biotechnology. Vol. 4, No. 10, (10), pp. 1113-1116.
- Indah, S., Helard, D., Sasmita, A. (2016). *Utilization of Maize Husk (Zea mays L.) as Low-cost Adsorbent in Removal of Iron from Aqueous Solution*. Water Science & Technology. Vol 73, No.12, pp 2929-2935.
- Ju, O., and Ezuma, I. (2014). *Adsorption Studies of Heavy Metals by Low-Cost Adsorbents*. Journal of Applied Sciences and Environmental Management, Vol. 18, No. 3, pp 443-448.
- Kawamura, S. 1991. *Integrated Design of Water Treatment Facilities*. John Willey & Sons Inc. New York.
- Kurakake, M., Kisaka, W., Ouchi, K., Komaki, T. (2001). *Pretreatment with Ammonia Water for Enzymatic Hydrolysis of Corn Husk, Bagasse, and Switchgrass*. Applied Biochemistry and Biotechnology. Vol. 90, Issue 3, pp 251–259.
- Kong, S., Wang Y., Zhan, H., Liu, M., Liang, L., Hu, Q. (2014). *Competitive adsorption of humic acid and arsenate on nanoscale iron–manganese binary oxide-loaded zeolite in groundwater*. Journal of Geochemical Exploration. Vol. 144, pp 220–225.
- Mengistie, A A., Rao, S., Rao P., and Singanan, M. (2008). *Removal of Lead (II) from Aqueous Solution Using Activated Carbon from Mitilia Ferruginea Plant Leaves*. Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia, Vol. 22, No. 3, pp. 349-360
- Reynold, T.D. dan Richard, P.A. (1996). *Unit Operation and Processes in Environmental Engineering*. PWS Publishing Company. California.