

VOLUME 4 NO. 2, DESEMBER 2007

PENYISIHAN Mn^{2+} DALAM AIR SUMUR DENGAN MEMANFAATKAN SABUT KELAPA

Mawar D. Silalahi, Christiana Siallagan, Elizabeth Monica

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Arsitektur Lansekap dan Teknologi Lingkungan, Universitas Trisakti,
Jl. Kyai Tapa No.1, Grogol, Jakarta 11440E-mail: elizabeth13mnc@yahoo.com

Abstrak

Sabut kelapa merupakan limbah dari buah kelapa yang berasal dari pasar yang dapat dipakai sebagai adsorben dalam menurunkan Mn^{2+} dari air sumur. Seperti kita ketahui bahwa air sumur di Jakarta mengandung Mn^{2+} yang cukup tinggi. Berbagai macam metode untuk menurunkan kadar logam berat yang telah digunakan ialah metode pengendapan dan juga metode penukaran ion dengan resin sintetik. Kedua metode ini membutuhkan biaya yang cukup besar. Oleh sebab itu dicari cara perlakuan yang sederhana dan juga menggunakan bahan yang murah, maka dimanfaatkan sabut kelapa yang dapat menurunkan kadar logam berat terutama Mn^{2+} dalam air sumur sebagai pengolahan alternatif. Dalam penelitian ini dibandingkan kemampuan sabut kelapa yang diberi perlakuan dan sabut kelapa tanpa perlakuan dalam menyisihkan logam berat Mn^{2+} dari air sumur. Perlakuan sabut kelapa yang dimaksud yaitu dengan metode hidrotermal atau dengan cara pemanasan (refluks) dengan larutan NaOH. Dari hasil penelitian dengan metode pengguncangan mekanik (shaker) didapatkan bahwa penyisihan Mn^{2+} dari air sumur untuk sabut kelapa tanpa perlakuan jauh lebih besar daripada sabut kelapa perlakuan yaitu 99.56% terhadap 30%. Dan pada metode kolom didapatkan bahwa kapasitas maksimum menyerap Mn^{2+} dari air sumur untuk sabut kelapa tanpa perlakuan sebesar 0.327 mg/g dan sabut kelapa perlakuan sebesar 0.202 mg/g. Jadi dari uji adsorpsi pada kolom ini dapat diketahui bahwa kapasitas maksimum yang optimal adalah sabut kelapa tanpa perlakuan.

Abstract

Separation Mn^{2+} from water with coco fiber. Coco fiber is an organic waste which is produced from the coconut exfoliation at the market that can be used as absorbent to decrease the level of Mn^{2+} in sand water. It is known that sand water in Jakarta contains a highly level of Mn^{2+} . Several methods already used to decrease the heavy metal are precipitative and also ion exchange method by synthetic resin. Both methods however are considered costly. There was therefore a need to find out a simple treatment with low cost material. Coco fiber which can be used to reduce heavy metal, especially Mn^{2+} in sand water was an alternative processing solution. This research was aimed at comparing the ability of coco fiber by treatment and non treatment in the way to separate heavy metal Mn^{2+} in water sand. The coco fiber by treatment uses hydrothermal method or heating (reflux) with of NaOH. From the result of mechanic shaking (shaker) found that the Mn^{2+} separation in the sand water by using absorbent of coco fiber non treatment was the most reducible than the treatment which was 99.56 % to 30 % level. From the column method, it was found out that the reducible maximum capacity of Mn^{2+} in sand water from coco fiber non treatment such as 0.327 mg/g and from coco fiber treatment was 0.202 mg/g. The absorption test in this column, known the optimal of maximum capacity, was coco fiber non treatment.

Key word: coco fiber, heavy metal, adsorption, column method

1. Pendahuluan

Seperti diketahui banyak penduduk di Jakarta yang masih menggunakan air sumur untuk kebutuhan sehari-hari terutama untuk air minum. Padahal air sumur tersebut banyak mengandung Mn^{2+} yang melebihi baku mutu air minum. Batas baku mutu Mn^{2+} untuk air minum adalah 0.1mg/l (Keputusan Menteri Kesehatan No. 907 / MENKES / SK / VII / 2002) dan untuk air sumur sebesar 0,5 mg/l (Peraturan Menteri Kesehatan No. 416/Menteri Kesehatan/Peraturan/IX/1990).

Air sumur yang mengandung Mn^{2+} cukup tinggi dapat menimbulkan noda pada pakaian. Oleh karena itu diperlukan upaya untuk menurunkan kadar Mn^{2+} pada air sumur. Untuk menurunkan kadar logam berat telah digunakan metode pengendapan dan metode penukaran ion dengan resin sintetik. Kedua metode ini membutuhkan biaya cukup besar. Oleh sebab itu dicari cara perlakuan yang sederhana dan menggunakan bahan yang murah, maka dengan memanfaatkan sabut kelapa yang dapat menurunkan kadar logam berat terutama Mn^{2+} dalam air sumur sebagai pengolahan alternatif dengan prinsip adsorpsi.

Adsorpsi adalah proses terjadinya perpindahan masa adsorbat dari fase gerak (fluida pembawa adsorbat) ke permukaan adsorben [1]. Adsorpsi merupakan suatu proses akumulasi adsorbat pada permukaan adsorben yang disebabkan oleh gaya tarik menarik antara molekul atau interaksi kimia.

Dari penelitian terdahulu diketahui *coco peat* dapat menurunkan Fe^{2+} dan Mn^{2+} [2]. Namun pada penelitian ini akan dicoba sabut kelapa untuk menurunkan Mn^{2+} di dalam air sumur. Karena sabut kelapa tersebut mengandung tannin yang cukup tinggi yang dapat menyerap logam berat terutama Mn^{2+} [3]

Isoterm adsorpsi menyatakan variasi adsorpsi dengan konstanta fase terserap dalam bahan cair pada suhu konstan. Model isoterma adsorpsi antara lain:

1. Model Freundlich. Bentuk Persamaan isoterma Freundlich adalah :

$$x/m = C_e^{1/n} \cdot K \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- x/m = Jumlah pencemar yang diserap per unit jumlah adsorben (mg/mg)
- C_e = Konsentrasi pencemar dalam larutan pada saat kesetimbangan (mg/l)
- K = Konstanta, ukuran relatif luas permukaan adsorben
- n = Konstanta, potensial adsorpsi (0,1 – 0,7)

Persamaan linear dinyatakan dalam bentuk logaritma

$$\text{Log } x/m = 1/n \text{ Log } C_e + \text{Log } K \dots\dots\dots (2)$$

2. Model Langmuir. Bentuk Persamaan Langmuir

$$x/m = (1 + aC) \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

- x/m = jumlah dari fase terserap per satuan berat adsorben (mg/mg)
- C = konsentrasi keseimbangan (mg/l)
- a, b = konstanta

Jenis-jenis Adsorpsi

Berdasar pada besarnya interaksi yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat, proses adsorpsi terbagi dua jenis yaitu [4]:

1. Adsorpsi fisika (*physisorption*)

Disebabkan bekerjanya gaya van der Waals antara adsorbat dan adsorben [1]. Pada adsorpsi fisika molekul-molekul teradsorpsi dengan ikatan yang lemah pada permukaan adsorben. Proses adsorpsi ini bersifat dapat balik, sehingga memungkinkan desorpsi molekul-molekul yang teradsorpsi dapat terjadi pada temperatur yang sama.

2. Adsorpsi kimia (*chemisorption*)

Karena pada adsorpsi kimia terjadi reaksi kimia maka sifat-sifat yang dimiliki oleh adsorben dan adsorbat sudah hilang. Adsorpsi ini bersifat tidak dapat balik dan memerlukan energi yang banyak untuk melepaskan kembali adsorbat dari permukaan adsorben. Jumlah zat yang teradsorpsi hanya satu lapis (*monolayer*)

Ketebalan sabut kelapa berkisar 5-6 cm terdiri atas lapisan terluar (*exocarpium*) dan lapisan dalam (*endocarpium*). Ada tiga macam serat dari sabut kelapa yaitu [5] :

- Serat halus ("Mat/yarn fibre").
- Serat kasar ("Bristle fibre")
- Matras ("Mattress") serat yang pendek berupa butiran, tersedia sebagai *coco peat* banyak digunakan sebagai bahan campuran media tanam bagi tanaman dalam pot.

Mangan. Mangan (Mn) adalah kation logam yang memiliki karakteristik kimia serupa dengan besi. Mangan merupakan salah satu unsur alam yang terdapat dalam air tanah dan mata air serta air permukaan. Dampak negatif yang ditimbulkan dengan adanya kandungan unsur mangan dalam suatu air baku [6] adalah :

- Air menjadi berasa pahit sesuai dengan karakteristik logam.
- Hasil-hasil industri kertas, tekstil, atau kulit menjadi berwarna kuning kecoklatan hingga hitam.
- Perkakas rumah tangga menjadi berwarna coklat atau hitam.

Air yang mengandung mangan jika kontak dengan udara akan menjadi keruh karena terbentuknya endapan Mn^{4+} dalam air akibat oksidasi [2].

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji kemungkinan pemanfaatan sabut kelapa untuk menurunkan kadar logam berat Mn^{2+} di dalam air sumur.

2. Metode Penelitian

Tahapan kegiatan penelitian ini adalah:

1. Penyiapan sabut kelapa. Pada tahap ini sabut kelapa dicuci dengan sabun kemudian dibilas hingga air cucian menjadi jernih. Kemudian sabut kelapa dikeringkan dalam oven.
2. Mencari daya serap yang optimal dengan cara Refluks (Perlakuan). Setelah sabut kelapa dikeringkan, kemudian ditimbang dan direfluks dengan variasi waktu selama 2, 4, 6 jam dan variasi konsentrasi menggunakan larutan NaOH 1N, 2N, 3N pada suhu sekitar $90^{\circ}C$ untuk mencari daya serap yang optimal. Dengan variasi waktu dan konsentrasi tersebut didapat bahwa yang paling optimal adalah 3N dengan waktu selama 6 jam. Setelah direfluks, sabut kelapa kemudian dicuci dengan menggunakan aquadest lalu dikeringkan di oven selama $\pm 3 - 4$ jam dengan suhu $110^{\circ}C$.
3. Uji adsorpsi Mn^{2+} dengan pengguncang mekanik (*shaker*). Untuk mengetahui besar daya serap untuk mengadsorpsi Mn^{2+} maka dilakukan dengan menggunakan pengguncang mekanik (*shaker*) dengan menimbang sabut kelapa 0.5 gram ke dalamnya dimasukkan konsentrasi Mn^{2+} 1, 2, 3, 4, dan 5 ppm sebanyak 100 ml. Kemudian dikocok dengan pengguncang mekanik (*shaker*) dengan kecepatan 120 rpm selama ± 2 jam. Hasil akhir dari campuran tersebut kemudian diukur dengan AAS (*Atomic Adsorption Spectrophotometry*).
4. Uji adsorpsi Mn^{2+} dengan metode kolom. Pada tahap ini dilakukan dengan cara menimbang sabut kelapa perlakuan dan sabut kelapa tanpa perlakuan sebanyak 5 gram ke dalam kolom dan dialirkan ke dalamnya larutan Mn^{2+} . Kemudian effluent diambil fraksi setiap 40 ml dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer lalu diukur dengan AAS (*Atomic Adsorption Spectrophotometry*).

3. Hasil dan Pembahasan

Perlakuan sabut kelapa adalah dengan metode Hidrotermal atau dengan cara Refluks dengan variasi waktu selama 2, 4, 6 jam dan variasi konsentrasi yaitu larutan NaOH 1N, 2N, 3N pada suhu sekitar $90^{\circ}C$

untuk mencari daya kondisi optimal sehingga pada tahap selanjutnya akan dipakai hasil refluks yang optimal tersebut. Hasil daya serap yang optimal adalah dengan menggunakan larutan NaOH 3N selama 6 jam.

Uji Adsorpsi Kation Logam Berat (Mn^{2+}). Metode yang digunakan pada uji adsorpsi kation logam berat adalah pengguncangan mekanik (*shaker*). Persiapan yang dilakukan dengan membuat variasi konsentrasi awal larutan Mn^{2+} antara sabut kelapa perlakuan dan tanpa perlakuan yaitu 0.468 mg/l, 1.024 mg/l, 1.734 mg/l, 2.078 mg/l dan 2.732 mg/l. Larutan tersebut dimasukkan ke dalam sabut kelapa sebanyak 500 mg/l kemudian diguncang dengan menggunakan pengguncang mekanik (*shaker*).

Tabel 1. Uji adsorpsi kation Mn^{2+} dengan adsorben sabut kelapa tanpa perlakuan

Konsentrasi Mn		Co-Ce	X	x/m	Log Ce	Log x/m
Co (mg/l)	Ce (mg/l)	(mg)	(mg)	(mg/g)		
0.468	0.253	0.215	0.000	0.000	0.597	3.668
1.024	0.821	0.203	0.000	0.000	0.086	3.693
1.734	1.188	0.546	0.000	0.001	0.075	3.263
2.078	1.569	0.509	0.000	0.001	0.196	3.293
2.732	1.96	0.772	0.000	0.001	0.292	3.112

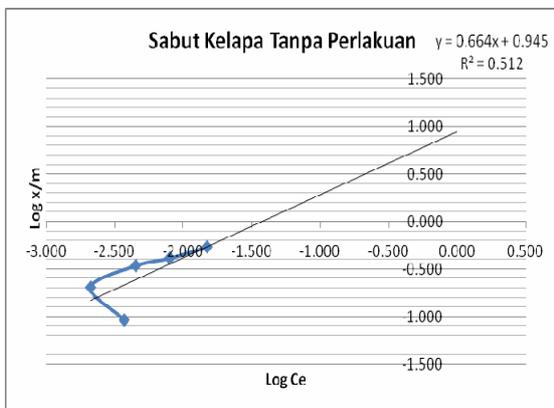
Tabel 2. Uji adsorpsi kation Mn^{2+} dengan adsorben sabut kelapa perlakuan

Dosis	Konsentrasi Mn		Co-Ce	Daya	Efisiensi
Dosis	(Co)	Ce		Adsorpsi	psi
(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg)	(mg/g)	(%)
500	0.468	0.0037	0.4643	0.001	99.21
500	1.024	0.0021	1.0219	0.002	99.79
500	1.734	0.0045	1.7295	0.003	99.74
500	2.078	0.008	2.070	0.004	99.62
500	2.732	0.015	2.717	0.005	99.45

Rata-rata efisiensi adsorpsi untuk sabut kelapa tanpa perlakuan adalah 99.56% dan untuk sabut kelapa perlakuan sebesar 30%. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa Uji Daya Adsorpsi Sabut Kelapa Tanpa Perlakuan mempunyai kemampuan mengadsorpsi lebih baik dibandingkan Sabut Kelapa Perlakuan.

Tabel 3. Isoterm adsorpsi Freundlich dengan adsorben sabut kelapa tanpa perlakuan

Konsentrasi Mn		Co-Ce	X	x/m	Log Ce	Log x/m
(Co)	Ce					
(mg/l)	(mg/l)	(mg)	(mg)	(mg/g)		
0.468	0.0037	0.4643	0.046	0.093	2.432	1.032
1.024	0.0021	1.0219	0.102	0.204	2.678	0.690
1.734	0.0045	1.7295	0.173	0.346	2.347	0.461
2.078	0.008	2.07	0.207	0.414	2.097	0.383
2.732	0.015	2.717	0.272	0.543	1.824	0.265



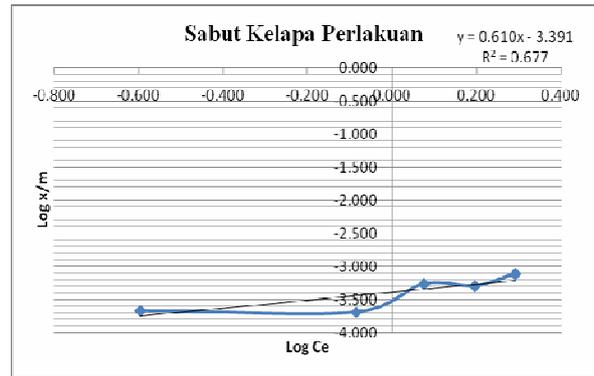
Gambar 1. Isoterm adsorpsi Freundlich dengan adsorben sabut kelapa tanpa perlakuan

Dari Tabel 3 dan Gambar 1 diatas untuk sabut kelapa tanpa perlakuan adalah $y = 0.664 x + 0.945$ dengan $R^2 = 0.512$. Hal ini menunjukkan adsorpsi pada sabut kelapa tanpa perlakuan tidak memenuhi persamaan adsorpsi Freundlich atau adsorpsi terbentuk dengan lapisan jamak atau adsorpsi fisis karena hasil dari R^2 tidak linier

Tabel 4. Isoterm Adsorpsi Freundlich dengan Adsorben Sabut Kelapa Perlakuan

Konsentrasi Mn		Co-Ce	X	x/m	1/x/m	1/Ce
(Co)	Ce					
(mg/l)	(mg/l)	(mg)	(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)	(mg/l)
0.468	0.253	0.215	0.022	0.043	23.256	3.953
1.024	0.821	0.203	0.020	0.041	24.631	1.218
1.734	1.188	0.546	0.055	0.109	9.158	0.842
2.078	1.569	0.509	0.051	0.102	9.823	0.637
2.732	1.96	0.772	0.077	0.154	6.477	0.510

Sabut Kelapa Perlakuan



Gambar 2. Isoterm Adsorpsi Freundlich dengan adsorben Sabut Kelapa Perlakuan

Dari Tabel 4, Gambar 1 dan 2 diketahui persamaan garis antara sabut kelapa tanpa perlakuan adalah $y = 0.664 x + 0.945$ dengan $R^2 = 0.512$, sedangkan persamaan garis untuk sabut kelapa perlakuan adalah dengan $y = 0.610 x - 3.391$ dengan $R^2 = 0.677$. Dari kedua persamaan garis tersebut diperoleh R^2 yang paling linier yaitu dari sabut kelapa perlakuan sebesar $R^2 = 0.677$. Hal ini menunjukkan adsorpsi pada sabut kelapa perlakuan memenuhi persamaan adsorpsi Freundlich, yang berarti adsorpsi terbentuk dengan lapisan jamak atau adsorpsi fisis.

Tabel 5. Isoterm adsorpsi Langmuir dengan adsorben sabut kelapa tanpa perlakuan

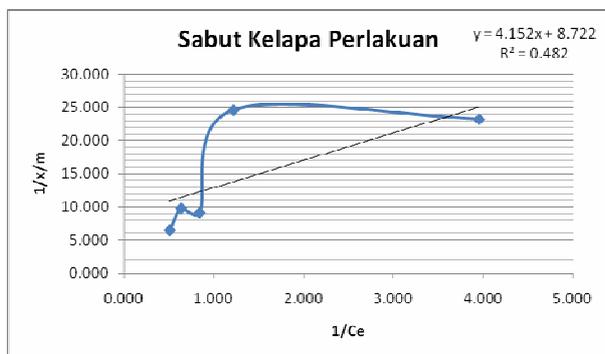
Konsentrasi Mn		Co-Ce	X	x/m	1/x/m	1/Ce
(Co)	Ce					
(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg)	(mg/g)	(mg/g)	(mg/l)
0.468	0.0037	0.4643	0.046	0.093	10.769	270.270
1.024	0.0021	1.0219	0.102	0.204	4.893	476.190
1.734	0.0045	1.7295	0.173	0.346	2.891	222.222
2.078	0.008	2.07	0.207	0.414	2.415	125.000
2.732	0.015	2.717	0.272	0.543	1.840	66.667



Gambar 3. Isoterm adsorpsi Langmuir dengan adsorben sabut kelapa tanpa perlakuan

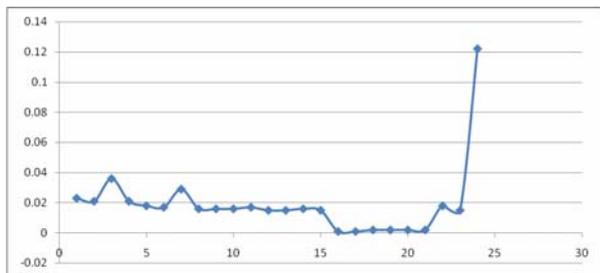
Tabel 6. Isoterm adsorpsi Langmuir dengan adsorben sabut kelapa perlakuan

No	Dosis (mg/l)	Konsentrasi Mn		Co - Ce (mg)	Daya Adsorpsi (mg/g)	Efisiensi Adsorpsi (%)
		(Co) (mg/l)	Ce (mg/l)			
1	500	0.468	0.253	0.215	0.0004	45.94
2	500	1.024	0.821	0.203	0.0004	19.82
3	500	1.734	1.188	0.546	0.0011	31.49
4	500	2.078	1.569	0.509	0.0010	24.49
5	500	2.732	1.96	0.772	0.0015	28.26



Gambar 4. Isoterm adsorpsi Langmuir dengan adsorben sabut kelapa perlakuan

Dari Tabel 5 dan Gambar 3 diatas diperoleh persamaan garis sabut kelapa tanpa perlakuan adalah $y = 0.010 x + 2.207$ dengan $R^2 = 0.192$ dan persamaan garis sabutkelapa perlakuan adalah $y = 4.152 x + 8.722$ dengan $R^2 = 0.482$ (Tabel 6, Gambar 4). Dari kedua persamaan garis tersebut diketahui nilai R2 tidak linier. Hal ini menunjukkan adsorpsi pada sabut kelapa perlakuan tidak memenuhi persamaan adsorpsi Langmuir, bersrti tidak terbentuk lapisan tunggal atau adsorpsi kimia.



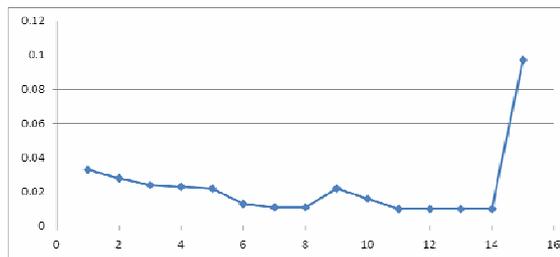
Gambar 5. Daya adsorpsi terhadap Mn²⁺ dalam kolom sabut kelapa tanpa perlakuan

Tabel 7. Daya adsorpsi terhadap Mn²⁺ dalam kolom sabut kelapa tanpa perlakuan

No Fraksi	Co (mg/l)	Ce (mg/l)	Vol (ml)	Jumlah Mn yang diserap (mg)
1	0.7	0.023	40	0.027
2	0.7	0.021	40	0.027
3	0.7	0.036	40	0.027
4	0.7	0.021	40	0.027
5	0.7	0.018	40	0.027
6	0.7	0.017	40	0.027
7	0.7	0.029	40	0.027
8	0.7	0.016	40	0.027
9	0.7	0.016	40	0.027
10	0.7	0.016	40	0.027
11	0.7	0.017	40	0.027
12	0.7	0.015	40	0.027
13	0.7	0.015	40	0.027
14	0.7	0.016	40	0.027
15	0.7	0.015	40	0.027
16	0.7	0.001	40	0.028
17	0.7	0.001	40	0.028
18	0.7	0.002	40	0.028
19	0.7	0.002	40	0.028
20	0.7	0.002	40	0.028
21	0.7	0.002	40	0.028
22	0.7	0.018	40	0.027
23	0.7	0.015	40	0.027
24	0.7	0.122	40	0.023
Jumlah Mn Yang Terserap				0.653

Dari Tabel 7 dan Gambar 5 akan didapat jumlah Mn yang terserap sebesar 0.653 mg dan dapat diketahui kapasitas maksimum oleh sabut kelapa tanpa perlakuan adalah 0.327 mg/g.

Tabel 8. Daya Adsorpsi Maksimum Terhadap Mn²⁺ dalam Kolom Sabut Kelapa Perlakuan



Gambar 6. Daya Adsorpsi Maksimum Terhadap Mn^{2+} dalam Kolom Sabut Kelapa Perlakuan

No Fraksi	Co (mg/l)	Ce (mg/l)	Vol (ml)	Jumlah Mn yang Diserap (mg)
1	0.7	0.033	40	0.027
2	0.7	0.028	40	0.027
3	0.7	0.024	40	0.027
4	0.7	0.023	40	0.027
5	0.7	0.022	40	0.027
6	0.7	0.013	40	0.027
7	0.7	0.011	40	0.028
8	0.7	0.011	40	0.028
9	0.7	0.022	40	0.027
10	0.7	0.016	40	0.027
11	0.7	0.010	40	0.028
12	0.7	0.010	40	0.028
13	0.7	0.010	40	0.028
14	0.7	0.010	40	0.028
15	0.7	0.097	40	0.024
Jumlah Mn yang terserap				0.406

Dari Tabel 8 dan Gambar 6 didapat jumlah Mn yang terserap sebesar 0.406 mg dan dapat diketahui kapasitas maksimum sabut kelapa perlakuan adalah 0.203 mg/g. Dari uji adsorpsi pada kolom diketahui bahwa kapasitas maksimum yang optimal adalah Sabut Kelapa Tanpa Perlakuan.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian penyisihan Mn^{2+} dalam air sumur dengan memanfaatkan sabut kelapa didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Sabut Kelapa Perlakuan dan Sabut Kelapa Tanpa Perlakuan dapat menurunkan kation logam berat Mn^{2+} dari air sumur.
2. Penyisihan Mn^{2+} dalam air sumur dengan metode pengguncangan mekanik (*shaker*) oleh sabut kelapa tanpa perlakuan jauh lebih besar daripada sabut kelapa perlakuan yaitu 99.56% terhadap 30%.
3. Kapasitas penyerapan Mn^{2+} maksimum dalam sabut kelapa perlakuan adalah 0.203 mg/g sedangkan sabut kelapa tanpa perlakuan sebesar 0.327 mg/g. Dari hasil dapat dilihat bahwa sabut kelapa tanpa perlakuan lebih tinggi daripada sabut kelapa perlakuan.

4. Air sumur hasil uji adsorpsi dengan adsorben sabut kelapa perlakuan dan sabut kelapa tanpa perlakuan dapat menimbulkan air sumur menjadi berwarna kuning, untuk itu ditambahkan karbon aktif untuk menyerap warna tersebut.
5. Dalam menentukan daya serap Mn^{2+} maksimum dengan metode kolom perlu diteliti pengaruh variasi seperti laju alir, waktu kontak, tinggi kolom sabut kelapa dan diameter kolom.

Daftar Acuan

- [1] Reynolds, Tom D, Unit Operation and Processes in Environmental Engineering. Boston, Massachussets: B/C Engineering Divison, 1982.
- [2] Siallagan, Christiana, et al. Matras Sabut Kelapa Sebagai Bahan Untuk Menurunkan Kadar Ion Fe dan Mn Dalam Air Sumur. Jakarta: Universitas Trisakti, 2006.
- [3] Asijati Endang, et al., Pengaruh Jenis Surfaktan Terhadap Flotasi Kompleks Logam-Tannin. Jakarta: Universitas Indonesia, 1994.
- [4] Natalia, Jaharah, Penyisihan Warna dan COD Air Limbah Percetakan Uang Dengan Proses Koagulasi/Flokulasi, Advanced Oxydation Process dan Adsorpsi Karbon Aktif. Jakarta: Universitas Trisakti, 2008.
- [5] Mahmud, Zainal, et al., Prospek Pengolahan Hasil Samping Buah Kelapa. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, 2005.
- [6] Utami, Marga Yudha, Penyisihan Pb^{2+} dan Mn^{2+} dalam Air Limbah Laboratorium Air Pusarpedal Puspitek Serpong dengan Teknik Penukar Ion Menggunakan Resin Sintetis. Jakarta: Universitas Trisakti, 2003.