

## PELAPISAN MANGAN DIOKSIDA PADA PASIR SILIKA DARI KAOLIN CAPKALA DAN APLIKASINYA SEBAGAI ADSORBEN BESI (III) DALAM LARUTAN

Laina Radestiani<sup>1\*</sup>, Lia Destiarti<sup>1</sup>, Winda Rahmalia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Kimia, Falkutas MIPA, Universitas Tanjungpura  
Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi,  
\*email: laina\_radestiani@gmail.com

### ABSTRAK

Salah satu sumber air di Kota Pontianak adalah air tanah dengan karakteristik air yang berwarna kuning atau kuning kecoklatan yang diduga karena adanya kandungan besi yang cukup tinggi. Adsorpsi merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menurunkan kadar Fe(III) dalam larutan. Dalam penelitian ini, adsorben yang digunakan untuk menurunkan Fe(III) dalam larutan adalah pasir silika terlapis mangan dioksida ( $MnO_2$ ). Pasir silika yang digunakan diperoleh dari hasil pemisahan kaolin Capkala. Sintesis pasir terlapis  $MnO_2$  dilakukan menggunakan  $KMnO_4$  0,2 M dan HCl pekat (37% w/w). Parameter yang dipelajari adalah pengaruh waktu kontak adsorben dengan adsorbat, pengaruh massa adsorben dan pengaruh konsentrasi adsorbat. Terlapisnya  $MnO_2$  pada pasir silika ditunjukkan dengan karakterisasi menggunakan XRD pada puncak  $2\theta = 19,08^\circ$ ;  $59,72^\circ$  dan  $65,64^\circ$ , puncak silika ditunjukkan pada  $2\theta = 26,64^\circ$ ;  $20,84^\circ$  dan  $50,11^\circ$  yang merupakan mineral kuarsa. Data XRF juga menunjukkan adanya kandungan MnO sebesar 0,136%. Hasil penelitian menunjukkan waktu kontak terbaik adalah 30 menit dengan persentase Fe(III) yang teradsorpsi 52%. Sedangkan massa adsorben terbaik adalah 2,5 gram dengan persentase Fe(III) yang teradsorpsi 25,8%. Adsorpsi Fe(III) oleh pasir silika terlapis  $MnO_2$  mengikuti kinetika adsorpsi pseudo-orde dua dengan konstanta laju 0,012 g/mg.min. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa adsorben pasir silika terlapis  $MnO_2$  mampu menurunkan kadar Fe(III) sebesar 25,8% sampai 52% untuk masing-masing parameter.

**Kata Kunci:** Fe(III), pasir terlapis  $MnO_2$ , kaolin Capkala

### PENDAHULUAN

Salah satu sumber air di Kalimantan Barat, khususnya kota Pontianak adalah air tanah. Kurangnya ketersediaan air bersih, khususnya wilayah yang tidak terjangkau oleh aliran air bersih dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) menjadikan air tanah sebagai salah satu sumber air yang digunakan oleh masyarakat dalam menjalankan berbagai aktivitasnya. Air tanah tersebut memiliki sifat fisik yang berbeda dari air bersih pada umumnya, yaitu sebagian besar berwarna kuning yang disebabkan adanya kandungan besi yang cukup tinggi pada air tersebut. Berdasarkan Permenkes No.416/Menkes/Per/IX/1990 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air menyebutkan bahwa standar maksimum kadar besi dalam air bersih adalah 1,0 mg/L dan dalam air minum adalah 0,3 mg/L. Menurut Asbahani (2013), kadar besi pada air permukaan adalah sekitar 2-8 mg/L. Berdasarkan hal ini, perlu dilakukan penanganan untuk menurunkan kadar besi dalam air sehingga air tersebut memenuhi syarat yang aman untuk digunakan sehari-hari.

Salah satu cara yang umum dilakukan pada penurunan kandungan besi dalam air yaitu dengan proses adsorpsi menggunakan pasir. Pasir umum digunakan sebagai adsorben, terutama untuk mengikat logam-logam berat dalam mengatasi masalah pencemaran lingkungan. Salah satu sumber pasir yang dapat digunakan adalah pasir silika dari kaolin alam. Pemanfaatan kaolin alam telah banyak dilakukan dengan memisahkannya dari pasir menggunakan sentrifugasi untuk mendapatkan kaolin murni. Kaolin murni kemudian diaplikasikan sebagai adsorben  $Cl^-$  (Lindasari *et al.*, 2017), sebagai adsorben Fe(III) (Cici *et al.*, 2017), dan bixin (Rahmalia *et al.*, 2018).

Pemanfaatan pasir hasil pemisahan kaolin tersebut masih terbatas. Oleh karena itu, pada penelitian ini yang digunakan pasir silika dari kaolin Capkala sebagai adsorben Fe(III). Kurniawati *et al.* (2017) menggunakan pasir vulkanik sebagai adsorben logam Fe dengan persentase Fe yang teradsorpsi sebesar 98,5%. Pratiwi *et al.* (2016) menggunakan pasir sebagai adsorben logam besi dan mangan dengan hasil teradsorpsi per waktu 30 menit masing-masing sebesar 0,0815 mg/L dan 6,925 mg/L.

Pemanfaatan pasir sebagai adsorben belakangan ini juga dimodifikasi dengan suatu oksida logam seperti mangan oksida karena efisiensinya yang dianggap masih rendah. Aplikasi MnO<sub>2</sub> secara tunggal diketahui dapat menurunkan kandungan logam berat dalam air limbah karena luas permukaannya yang relatif tinggi, memiliki struktur mikro dan memiliki gugus fungsi OH yang mampu bereaksi dengan logam, fosfat dan ion lainnya (Han *et al.*, 2006). Efisiensi dari pasir silika sebagai adsorben dapat ditingkatkan dengan melapiskan pasir dengan MnO<sub>2</sub>. Dengan demikian, pada penelitian ini dilakukan pelapisan MnO<sub>2</sub> pada pasir silika yang diperoleh dari kaolin Capkala. Parameter yang dipelajari antara lain pengaruh waktu kontak, variasi massa adsorben dan pengaruh konsentrasi adsorbat.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan adalah alat-alat gelas, ayakan ukuran 100 dan 200 *mesh*, *rotary shaker*, kertas saring, corong, neraca analitik, oven, sentrifuge, Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), *X-Ray Diffraction* (XRD) KENZA dan *X-Ray Fluoresence* (XRF) PANalytical Epsilon 3.

Bahan-bahan yang digunakan adalah akua demineral, asam klorida (HCl), perak nitrat (AgNO<sub>3</sub>), kalium permanganat (KMnO<sub>4</sub>), FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O dan kaolin Capkala yang berasal dari Kabupaten Bengkayang, Kalimantan Barat.

### Prosedur Kerja

#### Preparasi dan karakterisasi pasir silika dari kaolin Capkala

Preparasi pasir silika dari kaolin Capkala dilakukan dengan memodifikasi metode Sasri (2012). Kaolin Capkala yang telah disiapkan dicuci sedikit demi sedikit (direndam dengan akua demineral, kemudian dipisahkan dengan proses sentrifugasi sehingga dihasilkan pasir yang mengendap pada dasar wadah. Setelah pasir yang diperoleh dicuci dengan akua demineral, lalu direndam dalam larutan HCl 0,1 M selama 24 jam. Selanjutnya didekantasi dan residu dicuci kembali dengan akua demineral hingga tidak terdapat adanya ion Cl<sup>-</sup>. Pasir tersebut kemudian dikeringkan dengan oven pada 100°C. Pasir kemudian diayak dengan ayakan 100 dan 200 *mesh*. Pasir yang digunakan adalah pasir yang lolos pada ayakan 100 *mesh* dan tertahan pada ayakan 200 *mesh*. Karakterisasi kristalinitas pasir dengan XRD.

#### Sintesis pasir terlapis mangan dioksida

Sintesis pasir silika terlapis MnO<sub>2</sub> dilakukan dengan metode Han *et al.*, 2006. Sebanyak 250 mL KMnO<sub>4</sub> 0,2 M ditambahkan pada 150 g pasir hasil preparasi. Kemudian ditambahkan tetes demi tetes HCl pekat sebanyak 20 mL. Setelah pengadukan selama 1 jam, media disaring lalu dikeringkan dengan oven pada suhu 100°C selama ± 5 jam. Pasir termodifikasi dicuci dengan akua demineral hingga pH nya konstan, kemudian dikeringkan pada suhu ruangan dan disimpan dalam botol tertutup.

#### Penentuan waktu kontak optimum adsorpsi Fe(III) oleh pasir terlapis MnO<sub>2</sub>

Penentuan waktu kontak optimum adsorpsi Fe(III) oleh pasir terlapis MnO<sub>2</sub> dilakukan dengan cara larutan besi dibuat dari FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O dengan konsentrasi 200 mg/L, kemudian dimasukkan larutan tersebut ke dalam 5 botol masing-masing sebanyak 50 mL. Waktu kontak adsorben dengan adsorbat divariasikan yaitu 15, 30, 60, 120 dan 240 menit yang dikocok menggunakan *rotary shaker*. Selanjutnya larutan disaring dan diukur konsentrasi Fe(III) yang tersisa menggunakan SSA.

### Penentuan massa optimum adsorpsi Fe(III) oleh pasir terlapis MnO<sub>2</sub>

Waktu kontak optimum yang diperoleh digunakan untuk menentukan massa adsorben dalam proses adsorpsi. Larutan besi FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O dengan konsentrasi 200 mg/L dimasukkan ke dalam 5 botol masing-masing sebanyak 50 mL dengan waktu kontak yang diperoleh dari penentuan waktu optimum. Massa adsorben divariasikan yaitu 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 dan 2,5 gram yang dikocok menggunakan *rotary shaker*. Selanjutnya larutan disaring dan diukur konsentrasi Fe(III) yang tersisa menggunakan SSA. Kemudian masing-masing hasil yang diperoleh dihitung persen efektivitas adsorpsinya menggunakan persamaan berikut:

$$\% \text{ penurunan} = (C_0 - C_e) / C_0 \times 100\%$$

Nilai C<sub>0</sub> menunjukkan konsentrasi awal Fe(III) sebelum dikontakkan dengan pasir terlapis mangan dioksida dan C<sub>e</sub> adalah konsentrasi Fe(III) setelah dikontakkan dengan pasir terlapis mangan dioksida.

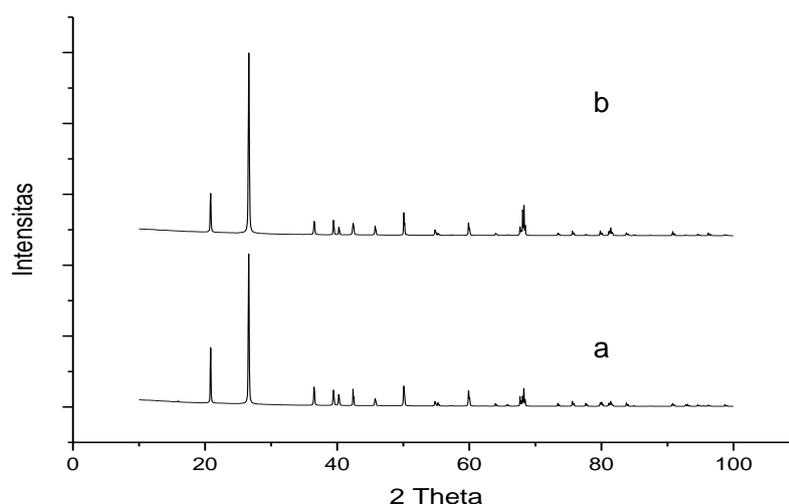
### Penentuan kapasitas adsorpsi Fe(III) pada pasir terlapis MnO<sub>2</sub>

Penentuan kapasitas adsorpsi Fe(III) oleh pasir terlapis MnO<sub>2</sub> dilakukan dengan cara larutan stok Fe(III) dibuat 500 mg/L, kemudian dibuat dengan variasi konsentrasi 25, 50, 100, 150 dan 200 mg/L yang dimasukkan ke dalam botol masing-masing sebanyak 50 mL dengan massa adsorben tetap yaitu 2,5 gram. Campuran dikocok menggunakan *rotary shaker* selama 30 menit. Campuran disaring dan diukur konsentrasi Fe(III) yang tersisa menggunakan SSA.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Preparasi dan karakterisasi pasir dari kaolin Capkala

Pasir yang telah diperoleh dikarakterisasi menggunakan XRF dan XRD. Pasir sebelum dan setelah diaktivasi menggunakan HCl juga dikarakterisasi menggunakan XRD. Hasil analisis XRD menunjukkan pasir preparasi dan pasir teraktivasi oleh HCl 0,1 M memiliki persen SiO<sub>2</sub> yang relatif sama yaitu 80%. Hal ini menunjukkan bahwa proses aktivasi ini tidak merubah komposisi dari pasir tersebut. Persen SiO<sub>2</sub> yang relatif sama dari pasir preparasi dan pasir teraktivasi HCl dapat terjadi karena kecilnya konsentrasi dari HCl yang digunakan. Difraktogram antara pasir sebelum dan setelah teraktivasi HCl menunjukkan adanya mineral kuarsa (SiO<sub>2</sub>) yang dominan. Sudut difraksi 2θ pada pasir sebelum teraktivasi HCl untuk mineral kuarsa ditunjukkan dengan sudut 2θ=26,58°; 20,82°; 50,06°. Jika dibandingkan dengan sudut difraksi 2θ pada pasir teraktivasi HCl, untuk mineral kuarsa ditunjukkan dengan sudut 2θ=26,60°; 20,81°; 50,07°.



Gambar 1. Difraktogram pasir sebelum aktivasi (a) dan pasir setelah teraktivasi HCl (b)

Tabel 1. Hasil Analisis XRF Pasir Preparasi dan Pasir Terlapis MnO<sub>2</sub> yang telah Teraktivasi HCl

Unsur	Persentase (%)	Unsur	Persentase (%)
MgO	0,591	MgO	0,407
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,121	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,425
<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>94,25</b>	<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>97,27</b>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,25	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,152
K <sub>2</sub> O	0,072	K <sub>2</sub> O	0,062
CaO	0,085	CaO	0,072
TiO <sub>2</sub>	0,502	TiO <sub>2</sub>	0,301
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,001	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,002
MnO	0,003	MnO	0,136
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,066	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,066
ZrO <sub>2</sub>	0,005	ZrO <sub>2</sub>	0,002
Ag <sub>2</sub> O	0,053	Ag <sub>2</sub> O	0,102
		Cl	0,004

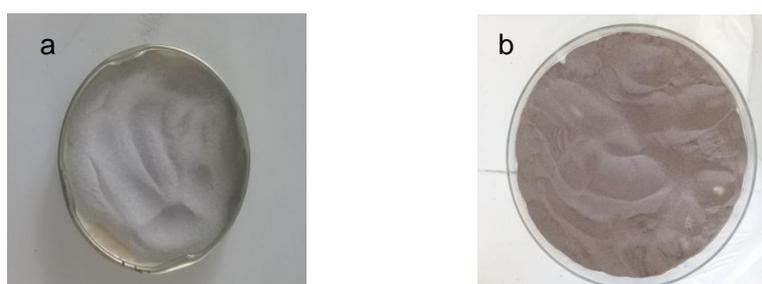
Hasil analisis XRF menunjukkan terjadinya perubahan persentase unsur yang terkandung di dalam pasir setelah dilakukan aktivasi dengan HCl. Adanya penurunan persentase unsur pada pasir terjadi pada unsur Mg, Al, P, Cl, K, Ca, Ti, Zr dan Ag. Hal ini disebabkan karena aktivasi dengan HCl mampu melarutkan zat-zat pengotor sehingga kandungan zat pengotor tersebut mengalami pengurangan. Kandungan Si dalam bentuk oksida SiO<sub>2</sub> meningkat dari 94,246% menjadi 97,27% yang menunjukkan mineral kuarsa pada pasir sebelum dan setelah teraktivasi HCl.

#### Sintesis pasir terlapis mangan dioksida

Sintesis pasir terlapis MnO<sub>2</sub> dilakukan bertujuan untuk meningkatkan kinerja adsorpsi Fe(III). Proses ini menggunakan KMnO<sub>4</sub> yang direaksikan dengan HCl, dimana KMnO<sub>4</sub> sebagai sumber mangan dan HCl sebagai zat pereduksi (Destiarti *et al.*, 2017). Pasir terlapis mangan dioksida terjadi melalui reaksi sebagai berikut.

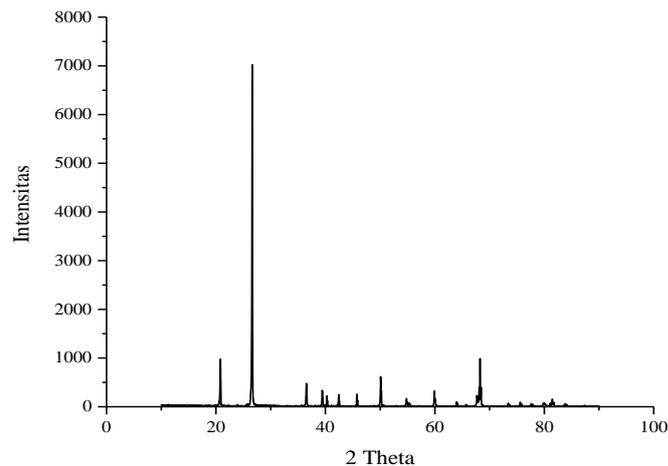


Proses sintesis pasir terlapis MnO<sub>2</sub> menjadikan MnO<sub>2</sub> yang terbentuk akan menempel pada permukaan pasir. sehingga pasir yang awalnya berwarna abu-abu menjadi berwarna coklat. Berikut adalah gambar pasir preparasi dan pasir terlapis MnO<sub>2</sub>.



Gambar 2. Penampakan organoleptis pada pasir sebelum terlapis MnO<sub>2</sub> (a) dan pasir setelah terlapis MnO<sub>2</sub> (b)

Berdasarkan Gambar 2 pada pasir terlapis MnO<sub>2</sub> menunjukkan adanya MnO<sub>2</sub> yang menempel pada permukaan pasir dengan pasir yang berwarna coklat. Pasir terlapis MnO<sub>2</sub> dikarakterisasi menggunakan XRD yang dapat dilihat pada Gambar 3. Pasir terlapis MnO<sub>2</sub> memiliki kristalinitas sebesar 94,89% dengan puncak yang tajam. Adanya kandungan MnO<sub>2</sub> yang terikat pada permukaan pasir ditunjukkan dengan adanya sudut difraksi 2θ pada 19,08°; 59,72° dan 65,64° yang bersesuaian dengan standar ICDD (*International Centre for Diffraction Data*) No. 00-042-1169. Hasil analisis XRF pasir terlapis MnO<sub>2</sub> ditunjukkan pada Tabel 2.

Gambar 3. Difraktogram pasir terlapis MnO<sub>2</sub>

Tabel 2 menunjukkan pasir yang telah diaktivasi oleh HCl yang kemudian dilapisi oleh MnO<sub>2</sub> menunjukkan adanya peningkatan Mn dari 0,007% menjadi 0,338%, sedangkan dalam bentuk oksida kandungan MnO meningkat dari 0,003% menjadi 0,136%. Hal ini menunjukkan bahwa pasir telah terlapis cukup baik oleh mangan dioksida.

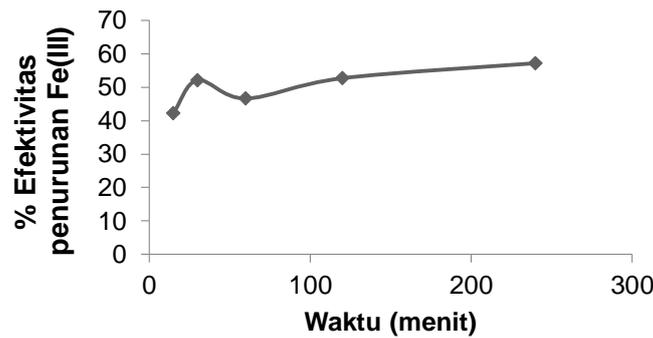
Tabel 2. Hasil Analisis XRF Pasir Terlapis MnO<sub>2</sub>

Unsur	Persentase (%)
MgO	0,407
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,425
SiO <sub>2</sub>	97,27
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,152
K <sub>2</sub> O	0,062
CaO	0,072
TiO <sub>2</sub>	0,301
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,002
<b>MnO</b>	<b>0,136</b>
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,066
ZrO <sub>2</sub>	0,002
Ag <sub>2</sub> O	0,102
Cl	0,004

### Penentuan kinetika adsorpsi Fe(III) pada pasir terlapis MnO<sub>2</sub>

Pasir terlapis MnO<sub>2</sub> memerlukan waktu yang cukup untuk berinteraksi dengan larutan besi agar kandungan besi dapat menurun secara maksimal. Pengaruh waktu kontak antara adsorben dengan adsorbat dilakukan dengan beberapa variasi yaitu 15, 30, 60, 120 dan 240 menit. Pengaruh waktu kontak terhadap efektivitas adsorpsi ditunjukkan pada Gambar 4.

Gambar 4. menunjukkan bahwa adsorpsi Fe(III) tertinggi terjadi pada waktu 240 menit dengan efektivitas penurunan sebesar 57%. Penurunan pada waktu 60 menit dapat terjadi karena adanya Fe(III) yang telah terjerap pada pasir terlapis MnO<sub>2</sub> yang kemudian terlepas kembali pada proses pengocokan. Hal ini dapat disebabkan karena pada waktu tersebut proses adsorpsi yang terjadi belum stabil sehingga dapat mengalami penurunan dan adsorbat terikat kembali oleh adsorben pada waktu 120 menit sehingga efektivitas adsorpsi mengalami peningkatan sampai pada waktu 240 menit. Berdasarkan hasil uji ANOVA, perbandingan konsentrasi Fe(III) yang teradsorpsi dengan waktu kontak antara 30, 60, 120 dan 240 menit tidak berbeda secara signifikan sehingga waktu kontak optimum pada penelitian ini adalah 30 menit.



Gambar 4. Kurva hubungan pengaruh waktu kontak terhadap % efektivitas penurunan Fe(III)

Penentuan kinetika adsorpsi Fe(III) dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui model kinetika yang terbentuk pada proses adsorpsi tersebut. Penentuan kinetika ini dilakukan berdasarkan empat model kinetika yaitu orde satu, orde dua, pseudo orde satu dan pseudo-orde dua.

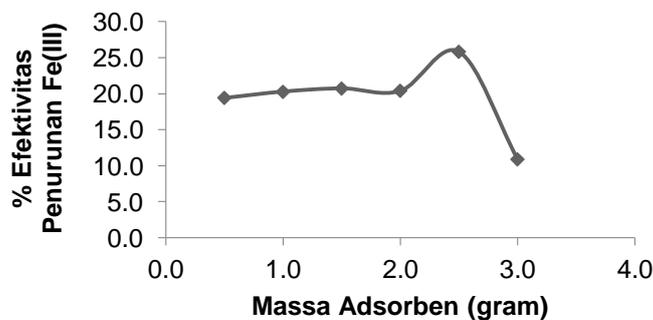
Tabel 3. Nilai Koefisien Korelasi ( $R^2$ ) Adsorpsi Fe(III) oleh Pasir Terlapis  $MnO_2$

Model Kinetika	Parameter	Pasir Terlapis $MnO_2$
Orde satu	$k_1 (10^{-2}) (1/min)$	0,001
	$R^2$	0,683
Orde dua	$k_2 (10^{-5}) (g/mg.min)$	0,00001
	$R^2$	0,713
Pseudo orde satu	$Q_e (mg/g)$	1,585
	$k_1 (10^{-3}) (1/min)$	0,002
	$R^2$	0,224
Pseudo orde dua	$Q_e (mg/g)$	9,901
	$k_2 (10^{-3}) (g/mg.min)$	0,012
	$R^2$	0,996

Tabel 3. menunjukkan bahwa adsorpsi Fe(III) oleh pasir terlapis  $MnO_2$  mengikuti model kinetika adsorpsi pseudo-orde dua dengan nilai konstanta laju adsorpsi sebesar 0,012 g/mg.min. Model kinetika ini tergantung pada kemampuan adsorben dalam mengadsorpsi adsorbat. Hal ini juga dapat diasumsikan bahwa kapasitas adsorpsi seimbang terhadap jumlah situs aktif pada adsorben (Ho dan McKay, 1999).

**Penentuan massa optimum adsorpsi Fe(III) oleh pasir terlapis  $MnO_2$**

Penentuan massa optimum adsorben pasir terlapis  $MnO_2$  dilakukan untuk melihat seberapa besar massa adsorben yang dibutuhkan untuk mengadsorpsi Fe(III) secara maksimal. Hubungan antara pengaruh massa adsorben yang digunakan dengan persen adsorpsi ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Kurva hubungan pengaruh massa adsorben terhadap % efektivitas penurunan Fe(III)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa efektivitas penurunan Fe(III) tertinggi terjadi pada penggunaan massa adsorben 2,5 gram dengan efektivitas sebesar 25,8%. Pengaruh massa adsorben terhadap adsorpsi menunjukkan bahwa semakin banyak adsorben yang digunakan dalam proses adsorpsi, maka semakin banyak pula situs aktif dari adsorben yang dapat digunakan untuk menyerap adsorbat sehingga efektivitas adsorpsi meningkat. Nurhasni (2012) menyatakan bertambahnya massa adsorben sebanding dengan jumlah partikel dan luas permukaan adsorben sehingga jumlah tempat ion logam yang terikat bertambah dan efektivitas adsorpsinya juga meningkat. Namun, hasil yang diperoleh pada hubungan pengaruh massa adsorben dengan efektivitas adsorpsi tidak selalu berbanding lurus. Hal ini terjadi pada hasil penelitian yang menunjukkan pada massa adsorben 3 gram terjadi penurunan persen efektivitas adsorpsi yang dapat disebabkan pada massa 3 gram larutan telah mencapai titik jenuh sehingga adsorben tidak mampu lagi untuk mengadsorpsi secara maksimal.

### Penentuan kapasitas adsorpsi Fe(III) oleh pasir terlapis MnO<sub>2</sub>

Kapasitas adsorpsi menunjukkan banyaknya adsorbat yang diadsorpsi oleh adsorben sehingga nilainya dipengaruhi oleh besarnya massa adsorben. Sebaliknya, efisiensi adsorpsi menyatakan banyaknya konsentrasi ion logam yang teradsorpsi oleh adsorben. Penentuan kapasitas adsorpsi Fe(III) oleh pasir terlapis MnO<sub>2</sub> menghasilkan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 1,99 mg/g dengan persen efektivitas adsorpsi sebesar 49,82%.

Pengaruh konsentrasi terhadap kapasitas adsorpsi dan persen efektivitas adsorpsi memiliki hubungan berbanding lurus, semakin tinggi konsentrasi awal ion logam, maka nilai kapasitas adsorpsi dan persen efektivitas adsorpsi juga meningkat. Jika konsentrasi dinaikkan menyebabkan peningkatan jumlah ion logam yang terikat pada permukaan adsorben sehingga nilai kapasitas adsorpsi juga akan meningkat.

### SIMPULAN

Hasil karakterisasi dengan XRD menunjukkan adanya pasir yang terikat dengan MnO<sub>2</sub> ditunjukkan dengan sudut difraksi pada  $2\theta=19,08^\circ$ ;  $2\theta=59,72^\circ$  dan  $2\theta=65,64^\circ$  didukung melalui data XRF yang menunjukkan peningkatan persen MnO<sub>2</sub> dari bahan. Kinetika adsorpsi mengikuti model kinetika adsorpsi pseudo-orde dua dengan konstanta laju 0,012 g/mg.min. Adsorpsi isoterm Langmuir memiliki kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 1,009 mg/g dan Freundlich sebesar 0,039 mg/g.

### DAFTAR PUSTAKA

- Aprianti, K., Destiarti, L. dan Wahyuni, N., 2015, Karakterisasi Zeolit Mangan Komersial dan Aplikasinya dalam Mengadsorpsi Ion Fosfat, *J. Kimia Khatulistiwa*, 4(1): 39-45.
- Atkins, P. W., 1996, Kimia Fisika, Jilid 2, Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta.
- Chaudry, S.A., Khan, T.A., Ali, I., 2016, Adsorptive Removal of Pb(II) and Zn(II) from Water onto Manganese Oxide-Coated Sand: Isotherm, Thermodynamic and Kinetic Studies, *J. Elsevier*, 3: 287-300.
- Cici, I., Destiarti, L., Shofiyani, A., 2017, Pemanfaatan Komposit Ampas Sagu-Kaolin untuk Adsorpsi Fe(II), *J. Kimia Khatulistiwa*, 6(2): 7-13.
- Daud, D., 2015, Kaolin sebagai Bahan Pengisi pada Pembuatan Kompon Karet: Pengaruh Ukuran dan Jumlah terhadap Sifat Mekanik-Fisik, *J. Dinamika Penelitian Industri*, 2(1): 41-48.
- Destiarti, L., Wahyuni, N., Prawatya, Y.E., Sasri, R., 2017, Synthesis and Characterization of Mangan Oxide Coated Sand from Capkala Kaolin, AIP Conf. Proc. 1823, 020023-1-020023-5.
- Han, R., Zou, W., Zhang, Z., Shi, J. and Yang, J., 2006, Removal of Copper(II) and Lead(II) From Aqueous Solution by Manganese Oxide Coated Sand I. Characterization and Kinetic Study, *J. Haz. Mat.*, 137B: 384-395.
- Ho and McKay, 1999, Pseudo—Second Order Model for Sorption Processes, *Pro. Biochem*, 34, 451-465.

- Kurniawati, S.D., Santjoko, H., Husein, A., 2017, Pasir Vulkanik sebagai Media Filtrasi dalam Pengolahan Air Bersih Sederhana untuk Menurunkan Kandungan Besi (Fe), Mangan (Mn) dan Kekeruhan Air Sumur Gali, *J. Kesehatan Lingkungan*, 9(1): 20-25.
- Lesbani, A., 2011, Studi Interaksi Vanadium dan Nikel dengan Pasir Kuarsa, *J. Penelitian Sains*, 14(4C): 42-46.
- Lindasari, S., Rudiyanasyah, Utomo, K.P., 2017, Penentuan Kapasitas Adsorpsi Ion Klorida (Cl<sup>-</sup>) pada Pasir Kuarsa Terlapis Mangan Oksida dan Kaolin Teraktivasi HCl, *J. Kimia Khatulistiwa*, 6(1): 8-16.
- Mellisani, B., Gusrizal dan Wahyuni, N., 2013, Penurunan Kandungan Besi (II) oleh Pasir Terlapis Mangan Dioksida (MnO<sub>2</sub>), *J. Kimia Khatulistiwa*, 2(3): 123-126. Mellisani, B., Gusrizal dan Wahyuni, N., 2013, Penurunan Kandungan Besi (II) oleh Pasir Terlapis Mangan Dioksida (MnO<sub>2</sub>), *J. Kimia Khatulistiwa*, 2(3): 123-126.
- Nurhasni, 2012, *Penyerapan Ion Aluminium dan Besi dalam Larutan Sodium Silikat Menggunakan Karbon aktif*, Program Studi Kimia FST UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Oscik, J., 1982, *Adsorption*, John Willey & Sons, Inc, New York.
- Permenkes, 1990, Peraturan Menteri Kesehatan No. 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang *Syarat-Syarat dan Pengawasan Air*.
- Pratiwi, N.E., Husaini dan Suhartono, E., 2016, Filtrasi Campuran Pasir dan Ampas Tahu Kering sebagai Adsorben Logam Besi dan Mangan pada Air Gambut, *J. Berkala Kesehatan*, 1(2): 139-148.
- Rahmalia, W., Fabre, J.F., Usman, T., Mouloungul, Z., 2018, Adsorption Characteristics of Bixin on Acid-and Alkali-Treated Kaolinite in Aprotic Solvents, *Bioinorganic Chemistry and Applications*, 2018: 1-9.
- Sasri, R., 2012, *Imobilisasi dan Karakterisasi Fotostabilitas Pigmen Bixin pada Kaolinit Teraktivasi Asam Klorida (HCl)*, Universitas Tanjungpura, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Pontianak, (Skripsi).
- Suriadi, A., Shofiyani, A. dan Destiarti, L., 2017, Sintesis dan Karakterisasi Pasir Terlapis Mangan Dioksida serta Aplikasinya untuk Penurunan Kadar Ion Fosfat dalam Air, *J. Kimia Khatulistiwa*, 6(1): 64-72.