

**PENGARUH DERAJAT KEASAMAN DAN WAKTU ADSORPSI TERHADAP  
PENURUNAN KADAR LOGAM (Fe DAN Mn) MENGGUNAKAN ADSORBEN  
ZEOLIT DALAM AIR SUNGAI ENIM DI DESA DARMO TANJUNG ENIM**  
*(The Effect of pH and Adsorption Time in Fe and Mn Concentration  
Decreasing using Zeolite in Sungai Enim River  
at Desa Darmo Tanjung Enim)*

**Indah Purnamasari<sup>1</sup>, Lety Trisnaliani<sup>1</sup>, Fatria<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya  
Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar, Palembang 30319  
<sup>1</sup>email : [indah\\_chemistry@yahoo.com](mailto:indah_chemistry@yahoo.com)

**ABSTRACT**

Water in the river contains metals contaminant such as Fe and Mn. There's many method that used to reduce heavy metals ions, such as by using adsorption method. This research utilized zeolite as an adsorbent. This research aimed to study the effect of adsorption parameters on the decrease of heavy metal ions adsorbed in zeolite and determine the equilibrium equation of the isotherm adsorption. Water river and zeolite are contacted with certain comparisons in the batch column. The variables studied were pH of solution (1, 3, 5, 7, and 9), and adsorption time (10, 20, 30, 40, 50 min). The results show that zeolite can be used to reduce the heavy metal content of Fe and Mn. The process is best conducted at 30 minutes, in 40 gram adsorbent weight, and pH 7. The zeolite adsorption model of water in river fits well to Langmuir's adsorption Isotherm model in all condition dengan  $Q_m = 2,5 \times 10^{-3}$  mg/g.

*Keywords: adsorption, pH, zeolite, Isotherm Langmuir, Isotherm Freundlich*

**ABSTRAK**

Air sungai umumnya mengandung logam pengotor seperti Fe dan Mn. Ada banyak cara yang digunakan untuk mengurangi kadar ion logam, salah satunya menggunakan metode adsorpsi. Pada penelitian ini zeolit digunakan sebagai adsorben. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh variabel adsorpsi dalam menurunkan kadar logam berat yang diadsorpsi dengan zeolit dan menentukan persamaan isotherm adsorpsinya. Air sungai dan zeolit dikontakkan di dalam kolom secara batch. Variabel yang dipelajari adalah pH larutan (1, 3, 5, 7, dan 9), dan waktu adsorpsi (10, 20, 30, 40, 50 menit). Hasil penelitian menunjukkan bahwa zeolit dapat digunakan untuk mengurangi kadar logam Fe dan Mn. Hasil adsorpsi terbaik ditunjukkan pada waktu 30 menit, dalam 40 gram berat adsorben, dan pada pH 7. Model adsorpsi zeolit dalam air sungai sesuai dengan model adsorpsi isotherm Langmuir pada berbagai parameter dengan  $Q_m = 2,5 \times 10^{-3}$  mg/g.

Kata Kunci : adsorpsi, pH, zeolit, Isoterm Langmuir, Isoterm Freundlich

## 1. PENDAHULUAN

Air yang biasa dipakai sebagai sumber air minum baik air tanah maupun air permukaan kadang-kadang berwarna, berbau dan berasa. Hal ini disebabkan adanya kontaminasi oleh bahan lain seperti: klorin, sulfur, besi, dan mangan. Ion besi (Fe) dan mangan (Mn) umumnya terdapat didalam air tanah secara bersamaan. Keberadaan Fe dan Mn didalam air dapat menyebabkan korosi, kesadahan, kekeruhan, juga menyebabkan warna kekuningan pada cucian (Rocarro dkk, 2007). Pemasok logam berat di dalam tanah antara lain bahan agrokimia (pupuk dan pestisida), asap kendaraan bermotor, bahan bakar minyak, pupuk organik, buangan limbah rumah tangga, industri, dan pertambangan (Alloway, 1990).

Sungai Enim merupakan salah satu sungai yang terdapat di Sumatera Selatan, yang letaknya di Tanjung Enim dan dekat dengan industri kimia serta industri pertambangan. Permasalahan pencemaran air di Indonesia khususnya pada Sungai Enim (Desa Darmo) belum terprogramkan dengan baik, antara lain program yang penting adalah pengendalian dan penanganan kualitas air sungai sesuai baku mutu air sungai. Salah satu parameter dalam penanganan kualitas air sungai adalah kandungan logam berat yang terdapat didalamnya (BAPEDALDA, 2005). Untuk menjaga kualitas air yang baik, maka dilakukan pengolahan air sungai dari segala kemungkinan yang dapat menyebabkan terjadinya penurunan kualitas air.

Teknologi yang umum digunakan untuk menyisihkan logam berat (Fe dan Mn) meliputi teknologi membran, adsorpsi, pertukaran ion, dan

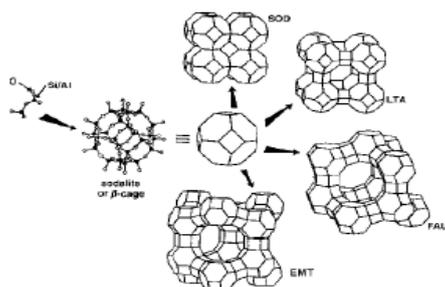
presipitasi. Salah satu pengolahan air sungai agar dapat memenuhi baku mutu air sungai yaitu dengan cara mengadsorpsi kandungan logam Fe dan Mn yang terkandung dalam air sungai menggunakan zeolit. Adsorpsi merupakan salah satu proses pengolahan air yang efektif dan sering digunakan untuk menghilangkan logam berat (Kan dkk, 2013).

Zeolit merupakan salah satu mineral yang mempunyai kemampuan sebagai penukar kation dan berfungsi sebagai bahan penyaring dalam suatu media air. Kemampuan tersebut ditunjukkan oleh tingkat kapasitas tukar kation (KTK) yang dimiliki zeolit sehingga material dan kontaminan yang ada dalam air dapat diikat oleh zeolit aktif. Zeolit memiliki kemampuan adsorpsi yang tinggi karena zeolit memiliki banyak pori-pori (Panayotova, 2001). Oleh sebab itu zeolit dapat dimanfaatkan sebagai pengadsorpsi logam berat di dalam air sungai. Pada penelitian ini akan dipelajari bagaimana pengaruh derajat keasaman dan waktu kontak adsorpsi dalam menurunkan kandungan logam khususnya Fe dan Mn di dalam air sungai dengan memanfaatkan zeolit sebagai adsorben.

### Zeolit Sebagai Adsorben

Istilah zeolit berasal dari kata “zein” (bahasa Yunani) yang berarti membuih dan “lithos” berarti batu. Nama ini sesuai dengan sifat zeolit yang akan membuih bila dipanaskan. Zeolit merupakan kelompok mineral aluminium silikat terhidrasi  $L_mAl_xSi_yO_z \cdot nH_2O$ , dari logam alkali dan alkali tanah (terutama Ca dan Na) merupakan sumber kation yang mudah dipertukarkan.

Zeolit mempunyai struktur berongga dan biasanya rongga ini diisi oleh air dan kation yang bisa dipertukarkan dan memiliki ukuran pori yang tertentu. Oleh sebab itu zeolit dapat dimanfaatkan sebagai penyaring molekuler, penukar ion, penyerap bahan dan katalisator (Prayitno dkk, 2006). Dalam keadaan normal maupun ruang hampa, dalam kristal zeolit terisi oleh molekul air bebas yang berada di sekitar kation. Bila kristal zeolit dipanaskan pada suhu 300–400 °C maka air tersebut akan keluar, sehingga zeolit akan dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan.



Gambar 1. Konstruksi empat kerangka zeolit yang berbeda dari sodalite atau  $\beta$  cage (Payra dan Dutta, 2003)

Untuk dapat digunakan sebagai adsorben, zeolit harus diaktivasi terlebih dahulu. Aktivasi tersebut dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan sifat-sifat khusus zeolit dengan cara menghilangkan unsur-unsur pengotor dalam mineral zeolit.

### Adsorpsi Isotherms

Adsorpsi merupakan fenomena di mana sejumlah kuantitas gas atau larutan menetap pada suatu permukaan. Sebagai contoh kontak antara gas atau larutan pada suatu logam. Interaksi yang terjadi akan menyebabkan sifat permukaan logam mengalami perubahan. Gas atau larutan yang tertarik disebut adsorbat sedangkan permukaan logam disebut adsorben (Cash, 2001). Model isotherm adsorpsi yang umum digunakan ada dua macam yaitu isotherm Langmuir dan isotherm Freundlich.

#### a. Adsorpsi Isotherm Langmuir

Langmuir mengembangkan suatu Model kuantitatif untuk menjelaskan fenomena isotherm adsorpsi dengan pendekatan kinetika. Analog dari penurunan persamaan adsorpsi pada gas, Langmuir mengasumsikan bahwa pada permukaan adsorben terdapat situs-situs aktif yang proporsional dengan luas permukaan. Model ini berdasar pada beberapa asumsi, yaitu (Sembodo, 2006) :

1. Permukaan adsorben bersifat homogen, sehingga energi adsorpsi konstan pada seluruh bagian.
2. Tiap atom teradsorpsi pada lokasi tertentu di permukaan adsorben.
3. Tiap bagian permukaan hanya dapat menampung satu molekul atau atom.

Penurunan persamaan isotherm adsorpsi Langmuir sistem cair-padat didasarkan pada kesetimbangan proses adsorpsi dan desorpsi adsorbat di permukaan padatan. Model persamaan Langmuir dinyatakan sebagai berikut:

$$q_c = \frac{Qb C_e}{1 + bC_e}$$

bentuk linear persamaan tersebut dinyatakan dalam:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Qb} + \frac{C_e}{Q}$$

Dimana  $q_e$  adalah jumlah adsorbat yang teradsorpsi per unit berat oleh adsorben ( $mg\ g^{-1}$ ),  $C_e$  adalah konsentrasi adsorbat dalam keadaan setimbang ( $mgL^{-1}$ ), sedangkan  $Q$  dan  $b$  adalah konstanta Langmuir. Nilai dari  $Q$  dan  $b$  dapat diperoleh dari intersep dan slope dari plot persamaan  $C_e/q_e^{-1}$  versus  $C_e$ .

#### b. Adsorpsi Isotherm Freundlich

Isotherm Freundlich digunakan untuk model kinetika adsorpsi pada permukaan adsorben yang heterogen. Bentuk linear dari persamaan Freundlich dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$q_e = K_F C_e^{1/n}$$

dimana  $K_F$  dan  $n$  adalah konstanta Freundlich. Bentuk linear dari persamaan Freundlich dinyatakan dalam persamaan :

$$\log q_e = \log K_F + \frac{1}{n} C_e$$

Konstanta  $K_F$  dan  $n$  merupakan kapasitas adsorpsi dan intensitas adsorpsi. Nilai  $K_F$  dan  $n$  diperoleh dari intersep dan slope dari plot grafik antara  $\log q_e$  versus  $\log C_e$ .

Kecepatan adsorpsi sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain :

1. Konsentrasi
2. Luas permukaan
3. Suhu
4. Ukuran partikel
5. pH
6. Waktu kontak

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1. Bahan dan Alat Penelitian

Air baku yang digunakan adalah air sungai Desa Darmo Tanjung Enim yang diuji terlebih dahulu kandungan Fe dan Mn nya. Adsorben yang digunakan adalah zeolit yang diaktivasi dengan basa kuat NaOH, yang berukuran 20 mesh.

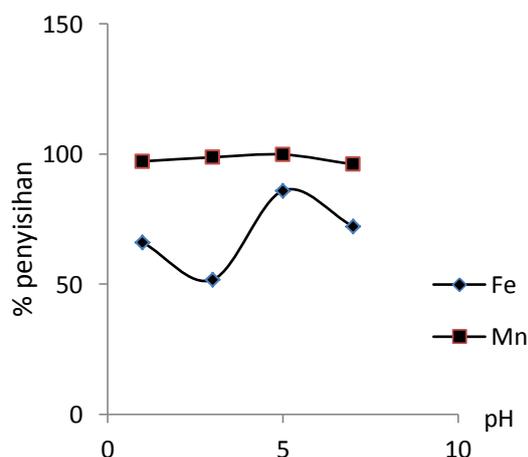
### 2.2. Prosedur Penelitian

Dalam perlakuan penggunaan adsorben pada pada air sungai ini dilakukan dengan menggunakan metode batch, zeolit dengan berat 40 gram dicampur dengan air sungai kemudian didiamkan dengan variasi waktu kontak 10 sampai 60 menit. Setelah terjadi sedimentasi, sampel diambil dan dilakukan analisa Spektrofotometer AAS. Percobaan juga dilakukan dengan variasi pH.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

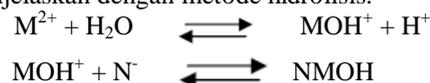
### 3.1. Pengaruh Derajat Keasaman

Dari tabel hasil analisa, dibuat Grafik sebagai berikut.



Gambar 2. Pengaruh pH Terhadap Adsorpsi Fe dan Mn ( $M = 40$  gr;  $dp = 20$  mesh;  $t = 30$  menit)

Kelarutan Fe dan Mn meningkat seiring dengan menurunnya nilai pH (Sari dan Agustin, 2007). Perubahan pH juga dapat menyebabkan perubahan struktur pada adsorben. Terjadi peningkatan kandungan Fe dan Mn yang sangat besar pada pH 1, sedangkan pada pH 7 – 9 terjadi penurunan Fe dan Mn yang sangat baik. Ini berarti pH yang baik untuk adsorpsi Fe dan Mn adalah pada pH 7. Menurut penelitian sebelumnya, derajat keasaman (pH) berpengaruh dalam proses adsorpsi. Semakin tinggi pH persentase ion logam yang teradsorpsi semakin besar. Pada pH 7 persentase ion logam yang teradsorpsi lebih besar dibandingkan pada pH 4. Hal ini dikarenakan terjadi kompetisi ion  $H^+$  dengan ion logam saat pertukaran kation. Kompetisi ion  $H^+$  dengan ion logam menjadi berkurang saat kondisi pH tinggi sehingga kemampuan ion logam yang terserap semakin besar dibandingkan pada pH rendah (Akaninwor dkk., 2007). Penurunan Fe dan Mn menjadi 0,5458 mg/liter dan 0,0057 mg/ liter dengan % penyisihan Fe dan Mn sebesar 85,88314 % dan 99,76987 %. Dari hasil yang didapatkan ini, dapat dikatakan bahwa pH larutan memiliki pengaruh pada proses adsorpsi Fe dan Mn. hal ini dapat dijelaskan dengan metode hidrolisis.



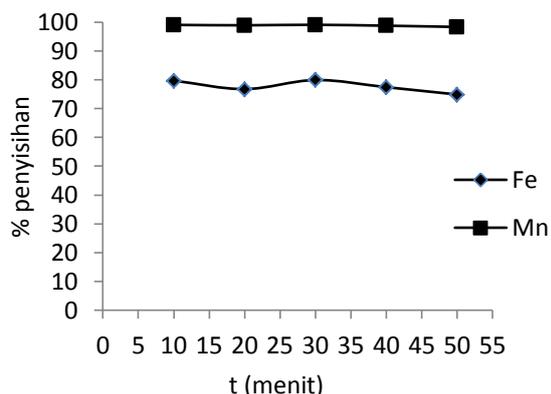
$M^{2+}$  adalah ion logam yang akan di adsorpsi, dalam hal ini adalah ion logam  $Fe^{2+}$  dan  $Mn^{2+}$  sedangkan  $N^-$  adalah permukaan adsorben. Asas Le Chatelier menjelaskan bahwa pada saat kesetimbangan, jika salah satu komponen zat dikurangi maka kesetimbangan akan bergeser ke arah zat yang dikurangi tersebut sedangkan dalam hal ini  $[H^+]$  saat pH tinggi semakin berkurang sehingga akan bergeser ke arah kanan yang menyebabkan  $[MOH^+]$  bertambah. Dengan bertambahnya  $[MOH^+]$  menyebabkan persentase ion logam yang teradsorpsi semakin besar. Hal ini dibuktikan oleh Akaninwor dkk. (2007) yang meneliti tentang adsorpsi ion logam  $Fe^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  dengan menggunakan adsorben thioglycolic dengan modifikasi serat kelapa sawit diperoleh hasil  $Fe^{2+}$ (15,0%),  $Mg^{2+}$ (12,4%) dan  $Zn^{2+}$ (20,6%) pada pH 2 sedangkan pada pH 6 diperoleh hasil  $Fe^{2+}$ (83,6%),  $Mg^{2+}$ (50,8%) dan  $Zn^{2+}$ (75,6%).

### 3.2. Pengaruh Waktu Kontak

Dari hasil analisa dari variabel waktu kontak yang diamati, dibuatlah grafik hubungan antara waktu kontak dan persen penyisihan sebagai berikut.

**B**

Gambar 4. Isoterm Langmuir untuk variasi pH :  
A. untuk Fe, B. untuk Mn



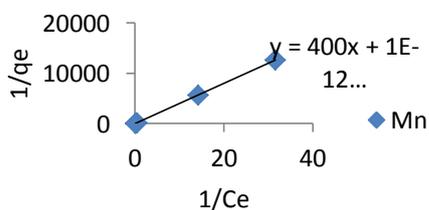
Gambar 3. Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Adsorpsi Fe dan Mn

Dari Gambar 3. didapatkan adsorpsi maksimum terjadi pada waktu kontak 30 menit yaitu % penyisihan Fe dan Mn sebesar 79,89581 % dan 99,04224 %. Pada waktu 10 menit terjadi adsorpsi juga yang sangat baik, lalu terjadi penurunan pada waktu kontak 20 menit, 40 menit, dan 50 menit. Tetapi penurunan ini tidak terlalu signifikan. Hal ini disebabkan zeolit tidak mampu mengadsorpsi Fe dan Mn lagi atau Fe dan Mn yang telah teradsorpsi terlepas kembali. Sehingga untuk efisiensi waktu dan adsorpsi logam berat yang baik maka untuk penelitian selanjutnya digunakan waktu kontak selama 30 menit.

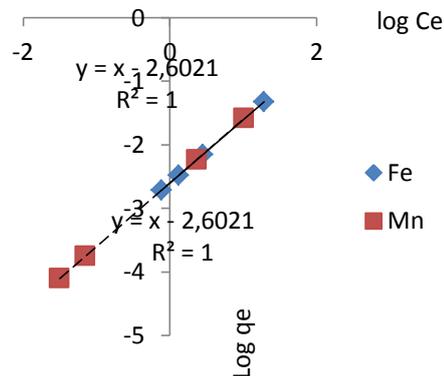
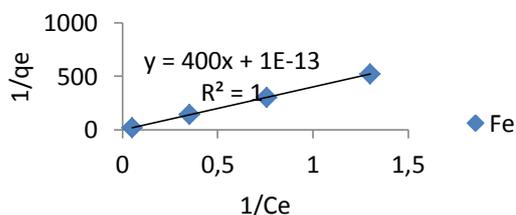
**3.3. Adsorpsi Isoterm Langmuir dan Freundlich**

**3.3.1. Adsorpsi isoterm untuk variasi pH**

Dengan membuat persamaan garis lurus dari persamaan umum untuk isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich, maka didapatkan grafik sebagai berikut



**A**



Gambar 5. Isoterm Freundlich untuk variasi pH pada penurunan logam Fe dan Mn

Dari hasil Gambar 4 dan Gambar 5, didapatkanlah konstanta Langmuir dan Freundlich sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil konstanta-konstanta pada isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich

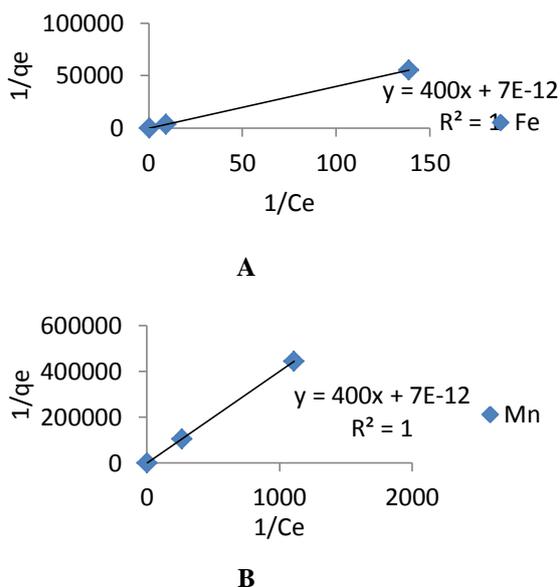
Parameter	Langmuir			Freundlich		
	$K_L$ (L/mg)	$Q_m$ (mg/gr)	$R^2$	$K_f$ (mg/gr)	$n$	$R^2$
Fe	$2,5 \times 10^{-16}$	$2,5 \times 10^{-3}$	1	$2,4997 \times 10^{-3}$	1	1
Mn	$2,5 \times 10^{-15}$	$2,5 \times 10^{-3}$	1	$2,4997 \times 10^{-3}$	1	1

Dari Tabel 1, dapat disimpulkan bahwa kedua isoterm mewakili untuk menggambarkan fenomena pengaruh pH terhadap adsorpsi Fe dan Mn ( $R = 1$ ). Akan tetapi, pada isoterm Freundlich secara khusus, mengkorelasikan data penyerapan dimana  $1/n$  adalah parameter heterogenitas, semakin kecil  $1/n$ , semakin besar heterogenitas yang diharapkan. Karena  $n$  yang didapatkan 1, maka menurut Freundlich maka partisi antara dua fase tidak bergantung pada konsentrasi, sehingga adsorpsi terjadi pada monolayer. Pernyataan Freundlich ini menguatkan hasil yang didapatkan pada isoterm Langmuir yang cenderung baik dan harga  $K_L$  yang lebih kecil dari  $K_F$  mengindikasikan bahwa isoterm Langmuir sebagai penengendali dalam proses adsorpsi ini.

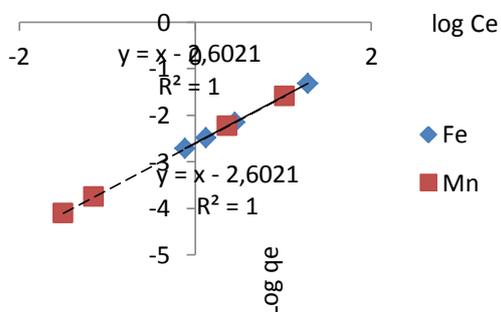
**3.3.2. Adsorpsi isoterm untuk variasi waktu**

Dari data hasil analisa, disusun persamaan garis lurus untuk metoda isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich sehingga didapatkan gambar grafik sebagai berikut. Grafik ini digunakan untuk

menghitung konstanta adsorpsi Langmuir dan Freundlich.



Gambar 6. Isotherm Langmuir untuk variasi waktu : A. untuk Fe, B. untuk Mn



Gambar 7. Isotherm Freundlich pada berbagai waktu kontak untuk penurunan logam Fe dan Mn

Dari hasil Gambar 6 dan Gambar 7, didapatkanlah konstanta Langmuir dan Freundlich sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil konstanta-konstanta pada isotherm Langmuir dan isotherm Freundlich

Parameter	Langmuir			Freundlich		
	$K_L$ (L/mg)	$Q_m$ (mg/gr)	$R^2$	$K_f$ (mg/gr)	$n$	$R^2$
Fe	$1,75 \times 10^{-14}$	$2,5 \times 10^{-3}$	1	$2,4997 \times 10^{-3}$	1	1
Mn	$1,75 \times 10^{-14}$	$2,5 \times 10^{-3}$	1	$2,4997 \times 10^{-3}$	1	1

Dari Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa kedua isotherm mewakili untuk menggambarkan fenomena pengaruh waktu adsorpsi terhadap adsorpsi Fe dan Mn ( $R = 1$ ). Pada isotherm

Kinetika, Volume... , November 2017, Indah Purnamasari dkk, Hal : 34-39

Langmuir yang cenderung baik dan harga  $K_L$  yang lebih kecil dari  $K_F$  mengindikasikan bahwa isotherm Langmuir sebagai penegendali dalam proses adsorpsi ini dengan  $Q_m = 2,5 \times 10^{-3}$  pada berbagai kondisi variabel.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan pada penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut

1. Zeolit teraktivasi NaOH merupakan adsorben yang cukup baik dalam menyerap Fe dan Mn di dalam air sungai Darmo, Desa Darmo, Tanjung Enim
2. pH optimum untuk menyerap Fe dan Mn terjadi pada pH 6-7. Hal ini dikarenakan kompetisi ion  $H^+$  dengan ion logam menjadi berkurang saat kondisi pH tinggi sehingga kemampuan ion logam yang terserap semakin besar dibandingkan pada pH rendah (Akaninwor dkk., 2007)
3. Waktu optimum zeolit menyerap Fe dan Mn terjadi dalam waktu 30 menit.
4. Model adsorpsi isotherm cocok dengan model adsorpsi isotherm Langmuir dengan  $Q_m = 2,5 \times 10^{-3}$  mg/g disegala variabel.

#### DAFTAR PUSTAKA

Akaninwor, J.O., Wegwu, M.O., and Iba, I.U. 2007. Removal of iron, zinc and magnesium from polluted water samples using thioglycolic modified oil-palm fibre, *African Journal of Biochemistry Research*, Vol.1 (2), pp. 011-013

Alloway, B.J., 1990. Heavy Metal in Soils. John Willey and Sons inc., New York.

BAPEDALDA, 2005. Peraturan Perundang-undangan Pengelolaan Lingkungan Hidup Provinsi Sumsel Tahun 2005. BAPEDALDA Provinsi Sumsel.

Cash Mc. E.M. 2001. Surface Chemistry. Oxford University Press, Oxford, USA

Kan, C., Aganon, M., Futralan,C., and Dalida, M. 2013. Adsorption of Mn from Aqueous Solution Using Fe and Mn Oxide-coated Sand. *Journal of Environmental Sciences*, Vol. 25, No. 7.

Panayotova, 2001. Kinetics and Thermodynamics of Copper Ions Removal Wastewater by Use of zeolite, Vol 21 Issue 7, p.671-676. Bulgaria : University of Mining and Geology Department of Chemistry.

Payra, P., Dutta, P.K.. 2003. Zeolites : A Primer, in Auerbach, S.M., Carrado, K.A., Dutta, P.K.,(Ed.). Handbook of Zeolite Science and Technology, pp 1-19. Marcel Dekker New York

- Prayitno., Endro, K., dan Nurimaniwathy. 2006. Kajian Pemanfaatan Zeolit Alam Pada Reduksi Kadar Pb dan Cd dalam Limbah Cair. Prosiding PDI-PTN. Yogyakarta : Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan, BATAN.
- Roccaro, P., Barone, C., and Vagliasindi, F. 2007. Removal Manganese from Water Supplies Intended for Human Consumption : A Case Study, p. 205-214. Desalination, Vol. 210 No. 1-3.
- Sari, I.K., dan Agustin, D. 2007. Penurunan Kadar Fe dan Mn Pada Limbah Air Asam Tambang Serbuk Biji Kelor (*Moringa Oleifera*). Palembang : Universitas Sriwijaya.
- Sembodo, S.T.B. 2006. Model kinetika Langmuir untuk adsorpsi timbal pada abu sekam padi. Jurnal Ekuilibrium 5(1): 28-33