

UJI PERSAMAAN LANGMUIR DAN FREUNDLICH PADA PENYERAPAN Mn(II) OLEH KOMPOSIT Fe₃O₄-ZEOLIT

Mona Lisa, Poedji Loekitowati Hariani, M. Faizal

Program Studi Pengelolaan Lingkungan Pascasarjana Universitas Sriwijaya

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengetahui metode adsorpsi yang sesuai untuk menentukan kapasitas serap maksimum Mn(II) oleh komposit Fe₃O₄-zeolit pada larutan uji menggunakan persamaan Langmuir dan Freundlich. Konsentrasi Mn(II) pada larutan dikur dengan alat Spektroskopi Serapan Atom (SSA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum untuk proses adsorpsi yaitu pada saat berat komposit 0.4 g Fe₃O₄-zeolit dan lamanya waktu kontak 60 menit pada kecepatan pengadukan 100 rpm. Koefisien determinan (R²) untuk persamaan Langmuir yaitu 0.934 dan lebih besar dari R² dari persamaan Freundlich. Artinya penyerapan Mn(II) pada larutan oleh komposit Fe₃O₄-zeolit ditentukan dengan mengikuti persamaan Langmuir. Kapasitas penyerapan maksimum Mn(II) pada larutan uji yaitu sebesar 181,8 mg/g. Sehingga, komposit Fe₃O₄-zeolit dapat direkomendasikan untuk mengurangi Mn(II) pada air ataupun air limbah.

Kata kunci : Mn(II), adsorpsi, AAS, Langmuir, Freundlich

ABSTRACT

This research intends to know appropriate isotherm adsorption methode to determine maximum capacity of Composited of Zeolite with nano magnetic to Mn(II) in solution. Equation wich used are Langmuir and Freundlich isotherm adsorption equations. Concentration of Mn(II) in solution was determined by Atomic Absorption Spectroscopy (AAS). The experiment result showed that optimum condition for adsorption are in 0.4 g of composited of Zeolite- Fe₃O₄ weight and 60 minutes contact time and mixture at 100 rpm. Coefficient of determination (R²) from Langmuir isotherm was 0.934 and bigger then R² from Freundlich isotherm was 0.905. It means adsorption of Mn(II) by composited of Zeolite-Fe₃O₄ insolution followed Langmuir isotherm. Maximum adsorption capacity of composited of Zeolite- Fe₃O₄ in solution was 182 mg/g Mn(II). Thus, composited of Zeolite- Fe₃O₄ are recommended to reduce Mn(II) in water or waste water

Keywords: Mn(II), adsorption, SSA, Langmuir, Freundlich.

PENDAHULUAN

Mangan (Mn) adalah salah satu logam yang banyak dijumpai di bumi dan umunya tidak ditemukan dalam bentuk senyawa murni, tapi berikatan dengan unsur lain dan bisa jugaterlarut dalam bentuk ion (ATSDR, 2000). Meskipun Mn dibutuhkan tubuh membantu fungsi enzim pada sel tubuh, namun jumlah yang berlebih dapat menimbulkan masalah kesehatan seperti peningkatan berat badan, mempengaruhi neurotransmisi ke otak, lebih lanjut dapat menyebabkan hiperplasia dan hiperkeraton (WHO, 2011). Kadar Mn yang dapat ditoleransi tubuh manusia yaitu 0.06 mg/kg berat badan, dengan asumsi kebutuhan air manusia adalah 2 liter per hari.

Jumlah Mn yang disyaratkan terkandung dalam air dan air limbah diatur dengan menggunakan instrumen Baku Mutu Lingkungan. Guna memenuhi persyaratan tersebut dibutuhkan suatu pengolahan untuk menurunkan jumlah Mn dalam air. Salah satu pengolahan yang dapat dilakukan yaitu dengan metode adsorpsi. Adsorpsi adalah pengumpulan molekul padat pada suatu permukaan baik permukaan gas dengan cairan, permukaan cairan dengan cairan seperti diterjen dan padatan atau larutan pada permukaan keras/ padat yang berpori (M.D Levan *et al*, 2008) . Zat atau bahan yang digunakan untuk adsorpsi disebut adsorben.

Salah satu adsorben yang sudah lama digunakan dalam pengolahan air yaitu zeolit. Zeolit adalah adsorben yang unik, karena 20-50% bagiannya terdiri dari rongga kosong dan memiliki surface area yang besar sehingga sangat efektif dalam penyerapan (J. Dixon *et al*, 1989). Guna meningkatkan kapasitas adsorpsi zeolit alam, biasanya dilakukan treatment/perlakuan khusus seperti pemanasan, pencucian atau pelepasan senyawa pengotor dan zeolit juga dapat dikomposit dengan oksida besi.

Menurut Hariani *et al* (2014), modifikasi adsorban Zeolit menjadi semacam komposit dapat meningkatkan kemampuan adsorban dalam mengadsorpsi polutan. Penambahan atau penggabungan zeolit dengan oksida besi dapat menghasilkan zat baru yang

mampu menyerap polutan dan sekaligus bersifat magnetik, sehingga pengumpulannya kembali setelah aktifitas penyerapan dapat dilakukan dengan cara magnetisasi (Y. Sarwanto *et al*, 2013)

METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini dipelajari kemampuan adsorpsi Mn oleh komposit Fe₃O₄-zeolit, dengan variasi berat komposit dan lamanya waktu kontak, untuk kemudian didapat kondisi optimum penyerapannya. Setelah itu juga ditentukan juga kapasitas asorpsi maksimumnya dengan mengujinya dengan persamaan Langmuir atau Freundlich.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu zeolit, kertas saring, akuadest, NaOH, HCl, H₂O₂ 30%, etanol, FeCl₂, FeCl₃, aseton, larutan standar Fe 1000 ppm dan Larutan standar Mn 1000 ppm. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Atomic Absorption Spectrophometer, Circulating Aspirator AA 700, Shaker SA 400, Ayakan/ wire mesh/ siever, Furnace, timbangan, gelas ukur, pipet ukur, labu pengenceran, buret, erlenmeyer, kuvet, pH meter, Magnet Neodymium (dengan diameter 20 mm dan tebal 2 mm)

Pembuatan komposit Fe₃O₄-zeolit

Sebanyak 200 gram zeolit alam dihaluskan dan diayak dengan ukuran ayakan 200 mesh, selanjutnya zeolit halus dipanaskan pada temperatur 400°C di dalam furnace selama 5 jam. Komposit Fe₃O₄-zeolit (perbandingan Fe₃O₄ dan zeolit 1:1) disintesis dari reaksi 16,25 gram FeCl₃, 6,35 gram FeCl₂ dan 11,6 g zeolit dilarutkan dalam 200 mL akuades dan dipanaskan pada suhu 70°C selama 30 menit sambil ditambahkan NaOH 2M sedikit demi sedikit sampai pH ±10, campuran diaduk dengan magnetik stirer. Komposit yang dihasilkan disaring dan dicuci sampai pH netral. Selanjutnya komposit dimasukan dalam oven dan dikeringkan pada suhu 110°C sampai berat konstan (Hariani *et al*, 2014)

Pembuatan Larutan Uji

Pembuatan Larutan uji Mn dengan konsentrasi 10 ppm. Larutan standar 1000 ppm dimasukkan ke dalam 2 Labu ukur yang berukuran 1 liter, masing-masing sebanyak 10 ml, kemudian ditambahkan larutan pengencer untuk masing-masing labu ukur itu sampai pada garis tera. Masing-masing larutan diambil 40 ml dari setiap labu ukur dan diukur konsentrasi awal (sebelum perlakuan). Sisa larutan lain dimasukkan sebanyak 70 ml kepada 25 erlemeyer.

Penentuan Kondisi optimum

Komposit Fe₃O₄-zeolit ditimbang 0.1 g, 0.2 g, 0.3 g, 0.4 g dan 0.5 g, masing masing 5 komposit kemudian dimasukkan ke dalam erlemeyer. Untuk waktu kontak 0 menit, diaduk secara manual kurang dari satu menit kemudian dibiarkan selama 5 menit. Setelah itu dilakukan pemisahan komposit dengan cara magnet ditempelkan ke bagian luar erlemeyer dan larutan dituang ke gelas piala. Kemudian diukur konsentrasi akhirnya.

Hal yang sama juga dilakukan kepada larutan lainnya, namun dilakukan pengadukan dengan waktu kontak 15, 30, 45 dan 60 menit dengan kecepatan 100 rpm. Setelah pengadukan dilakukan pemisahan komposit dengan cara magnetisasi. Kemudian diukur kandungan Mn yang tersisa pada larutan.

Besarnya % penyerapan dihitung dengan rumus:

$$\frac{\text{Konsentrasi Mn akhir} - \text{Konsentrasi awal}}{\text{Konsentrasi awal}} \times 100\%$$

Kemudian dibuat grafik penyerapan dibanding dengan berat komposit untuk tiap waktu kontak. Dari grafik tersebut ditentukan berat dan waktu yang menunjukkan penyerapan tertinggi dan dicatat sebagai waktu T dan berat M. yang digunakan sebagai dasar penelitian berikutnya.

Uji persamaan Langmuir dan Freundlich

Komposit Fe₃O₄-zeolit ditimbang seberat M (dari tahapan sebelumnya) ditambahkan

kepada larutan Mn dengan konstrasi 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm, 25 ppm dan 30 ppm (dicatat sebagai C₀). kemudian dilakukan pengadukan dengan shaker selama waktu T. Setelah itu komposit dipisahkan dari larutan dengan cara megnetik. Konsentrasi setelah perlakuan akan diukur sebagai C_e.

C₀ atau M dan C_e digunakan untuk perhitungan pada persamaan (W.W Nazaroff *et al*, 2001)

$$q_e = \frac{x}{m} = \frac{M - (C_e V_e)}{m} \dots\dots\dots(1)$$

Persamaan Adsorpsi Langmuir (T.D

Reynold, 1982) :

$$\frac{x}{m} = \frac{Q_0 b C_e}{1 + b C_e} \dots\dots\dots(2)$$

Bentuk persamaan (2), dapat dirubah menjadi persamaan (3) berikut:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q_0 b} + \frac{C_e}{Q_0} \dots\dots\dots(3)$$

Dengan C_e adalah konsentrasi zat adsorbat pada kesetimbangan (mg. L-1)
Q₀ adalah kapasitas adsorpsi maksimum (mg g-1)

Dengan membuat kurva C_e/q_e terhadap C_e akan diperoleh persamaan linear dengan intersep 1/Q₀ sehingga nilai Q₀ dan konstanta untuk b dapat dihitung.

Persamaan Adsorpsi Freundlich (W.W Nazaroff *et al*, 2001)

$$q_e = \frac{x}{m} = K_f C_e^{1/n} \dots\dots\dots(4)$$

Atau dalam bentuk log nya persamaan (4) berubah menjadi bentuk persamaan (3) berikut ini

$$\log_{10}(q_e) = \frac{1}{n} \log_{10}(C_e) + \log_{10} K_f \dots\dots\dots (5)$$

Dengan data yang ada, dibuat grafik log C_e terhadap log q_e akan didapat Log K_f sebagai besarnya intersep, sehingga nilai n dan K_f dapat diketahui.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berat Komposit dan Waktu Kontak Optimum

Setelah dilakukan perhitungan % penyerapan Mn dengan variasi berat

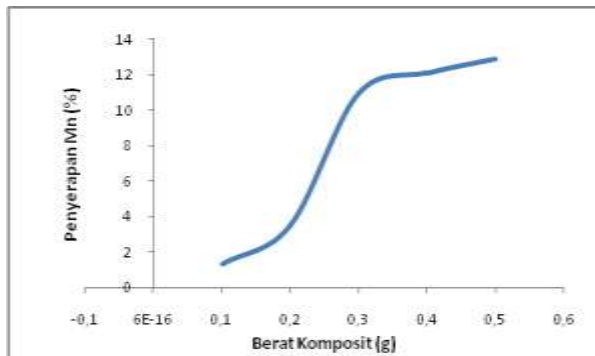
komposit dan lamanya waktu kontak, didapat hasil sebagaimana Tabel 1.

Tabel 1. Persentase Penyerapan Mn pada larutan Uji 10 ppm

Waktu (menit)	Berat Komposit (g)				
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
	Persentase penyerapan Mn (%)				
0	1.36	3.53	10.94	12.12	12.89
15	1.24	12.06	22.74	32.88	34.85
30	16.30	36.91	57.17	77.53	89.83
45	39.84	52.98	83.14	94.30	98.72
60	49.76	75.61	98.90	99.81	99.81

Tabel 1 adalah tabel persentase penyerapan berdasarkan lamanya waktu kontak dan variasi berat komposit. Pada tabel tersebut terlihat bahwa persentase penyerapan tertinggi yang dapat dicapai, juga meningkat seiring bertambahnya waktu dan berat komposit sebagai adsorben. Pada waktu kontak 15 menit penyerapan tertingginya lebih dari 34%, pada waktu kontak 30 menit penyerapan tertingginya lebih dari 89%, pada waktu kontak 45 menit penyerapan tertinggi lebih dari 98% dan pada waktu kontak 60 menit penyerapan mencapai 99,81%.

Pengaruh pengadukan terlihat pada waktu kontak 0 atau waktu kontak tanpa pengadukan, sebagaimana terlihat pada Gambar 1.

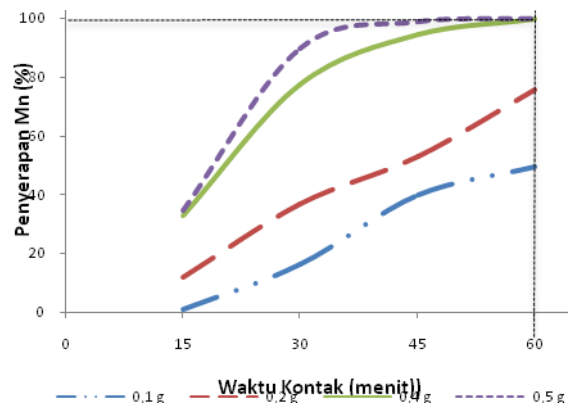
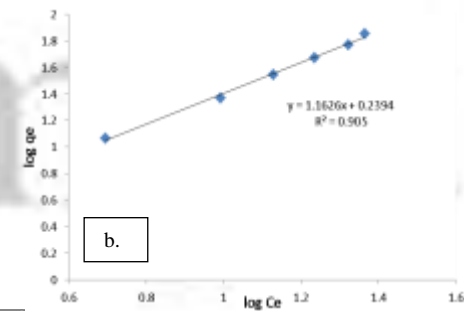
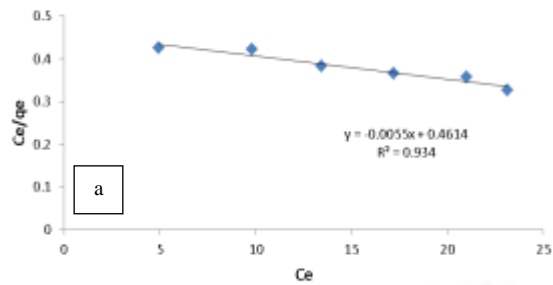


Gambar 1. Grafik persentase penyerapan Mn terhadap berat komposit pada waktu kontak pengadukan 0

Pada Gambar 1. Terlihat bahwa penyerapan Mn tidak mencapai 14 % jika tanpa pengadukan dan dengan waktu kontak hanya 5 menit. Hal ini juga membuktikan pendapat Sawyer dan McCarty bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi diantaranya yaitu waktu dan pengadukan, waktu kontak

yang cukup diperlukan untuk mencapai kesetimbangan adsorpsi. Jika fase cair yang berisi adsorben dalam keadaan diam, maka difusi adsorbat melalui permukaan adsorben akan lambat. Maka diperlukan pengadukan untuk mempercepat adsorpsi (C.N Sawyer, 1987).

Penentuan berat optimum komposit dalam menyerap Mn paling banyak dilakukan dengan membandingkan persentase penyerapan tiap berat komposit. Dapat dilihat pada grafik penyerapan Gambar 2.



Gambar 2. Persentase penyerapan Mn(II) berdasarkan waktu kontak dan berat komposit

Penyerapan tertinggi pada waktu kontak 60 menit mencapai 99,81 % yaitu pada berat komposit 0.4 g dan 0.5 g, sehingga waktu

optimum yaitu 60 menit dan berat komposit 0.4 g. Pemilihan ini didasarkan atas pertimbangan, bahwa meskipun berat komposit dinaikkan menjadi 0,5 pertambahan penyerapan tidak lagi signifikan naiknya.

Pengujian persamaan Langmuir dan Freundlich dilakukan untuk mengetahui kapasitas maksimum penyerapan Mn(II) oleh komposit Fe₃O₄-zeolit. C₀ adalah konsentrasi awal larutan Mn, C_e adalah konsentrasi akhir setelah diaduk selama waktu optimal yaitu 60 menit dan berat komposit yang digunakan yaitu 0,4 g pada kecepatan aduk 100 rpm. Perhitungan untuk membuat grafik linear persamaan Langmuir dan Freundlich sebagaimana Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan untuk Persamaan Langmuir dan Freundlich

C ₀	C _e	q _e	C ₀ /q _e	Log C _e	Log q _e
5	4.959	11.632	48.380	0.695	-0.989
10	9.826	23.280	22.589	0.992	-0.362
15	13.439	35.148	3.444	1.128	0.591
20	17.210	46.988	2.467	1.236	0.844
25	21.014	58.823	2.109	1.323	0.998
30	23.129	70.952	1.346	1.364	1.235

Dari Tabel 2. Dilakukan plotting data untuk kemudian dilakukan pembuatan grafik regersinya.

Pengujian persamaan adsorpsi Langmuir dan Freundlich ditujukan untuk menentukan diantara kedua persamaan tersebut yang memperlihatkan hubungan yang erat antar komponen pembentuk persamaannya. Hal ini dibuktikan dengan nilai R² lebih dari dari 0,9 dan yang paling tinggi diantara keduanya. Untuk lebih jelasnya perbandingan hasil perhitungan atas kedua persamaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Persamaan Langmuir dan Persamaan Freundlich untuk Penyerapan Mn pada larutan uji

	Persamaan Freundlich	Persamaan Langmuir
Bentuk Persamaan garis lurus	y = 1.1626x + 0.2394	y = -0.0055x + 0.4614
R ²	R ² = 0.905	0.934
Konstanta	Kf = 1,735 n = 0.860	Q ₀ = 181,8 mg/g b = 0.012
Bentuk persamaan	$\frac{x}{m} = 1,735C_e^{1/0,860}$	$\frac{x}{m} = \frac{2.184C_e}{1 + 0.012C_e}$

Pada Tabel 3, terlihat bahwa R² pada persamaan Langmuir lebih besar dari R² persamaan Freundlich, sehingga sifat adsorpsi oleh komposit ini mengikuti persamaan Langmuir. Kemampuan adsorpsi maksimum oleh komposit Fe₃O₄-zeolit pada persamaan Langmuir ditunjukkan dengan nilai Q₀ yaitu sebesar 181,8 mg/g, ini artinya setiap 1 g komposit Fe₃O₄-zeolit dapat menyerap 181,8 mg Mn dalam larutan.

Hubungan antara jumlah adsorbat yang terserap dengan konsentrasi adsorbat dalam larutan pada keadaan kesetimbangan dan suhu tetap yang dinyatakan dengan isoterm adsorpsi Langmuir maka penyerapan hanya terjadi pada satu lapisan saja *monolayer* (B. Al-Duri, 1995).

Pemanfaatan komposit Fe₃O₄-zeolit untuk menyerap Mn (II) pada larutan uji cenderung bersifat adsorpsi secara fisika. Menurut T.D Reynold (1982), adsorpsi fisika terjadi akibat adanya perbedaan energi atau gaya tarik bermuatan listrik (gaya Van der Wall's). Molekul adsorbat mulai diikat secara fisik menuju molekul adsorben. Adsorpsi fisika ini terjadi pada zat-zat yang bersuhu rendah dengan adsorpsi relatif rendah. Dalam hal ini perubahan panas adsorpsi mempunyai derajat yang sama dengan panas kondensasi dari gas menjadi cair, sehingga gaya yang menahan adsorpsi molekul-molekul fluida biasanya cepat tercapai dan bersifat reversibel, karena kebutuhan energi yang sangat kecil.

SIMPULAN

Semakin besar berat komposit yang ditambahkan pada, sampai batas tertentu semakin tinggi penyerapannya terhadap logam Mn. Namun jika titik optimum tercapai penambahan berat komposit tidak lagi signifikan menambah besarnya penyerapan. Pada penelitian ini waktu optimum tercapai penyerapan Mn oleh komposit Fe₃O₄-zeolit pada kecepatan aduk 100 rpm yaitu 60 menit untuk dan berat komposit 0.4 g. Penyerapan Mn oleh komposit Fe₃O₄-zeolit cenderung mengikuti persamaan Langmuir dengan besarnya penyerapan maksimum yaitu 182 mg Mn untuk 1 g komposit Fe₃O₄-zeolit .

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Duri. 1995. "A review in Equilibrium in Single and Multicomponent Liquid Adsorption System," *Review in Chemical Engineering* (11), pp. 101-143
- ATSDR. 2000. *Toxicological profile for Manganese*, United state: Departement of Health and Human Sevice, Public Halth sevice Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
- Dixon, W. SB and J. O. Maloney. 1989. *Mineral in Soil Environments second edition*, Washington DC : McGraw-Hill.
- Hariani, F. Riyanti and S. Abriyanti. 2014. "Adsorpsi dan Deadsorpsi Zat Warna Metilen Biru Menggunakan Komposit Fe₃O₄-Zeolit.," in *Prosiding Seminar Semirata Bidang MIPA* , Bogor.
- Levan and G. Carta. 2008. *Perry's Chemical Engineer's Handbook 8 th edition*, Mc Graw Hill Companies.
- Nazaroff and L. A. Cohen. 2001. *Environmental Engineering Science*, Jhon Willy & Sons: USA.
- Reynold. 1982. *Unit Operation and Processes in Environmental Engineering*, Montrey: California: Brooks Cole Division.
- Sarwanto, G. Tj.S, Mujamilah and G. T. S. 2013. "Identifikasi Fasa Komposit Oksida Besi- Zeolit Alam Hasil Proses Milling," *Widya Riset (03)*, pp. 215-218.
- Sawyer and P. L. Mc Carty. 1987. *Chemistry For Engineering*, 3rd ed, New York: Mc Graw- Hill Book Company.
- WHO. 2011. *Manganese in Drinkin-water*, Geneva switzerland: WHO press.