

FORUM MIPA

Majalah Ilmiah Jurusan PMIPA FKIP
Universitas Sriwijaya

Volume 15 No. 2 Juli 2012

DAFTAR ISI

Kajian Kinetika dan Termodinamika Adsorpsi Besi(II) dan Seng(II) dengan Pasir Kuarsa (Aldes Lesbani, Sumiati, dan Mardiyanto)	91-95
Efek Teratogenik Ekstrak Daun Keji Beling (<i>Strobilanthes Crispus</i> Bl.) terhadap Fetus Mencit (<i>Mus Musculus</i>) Galur Sub Swiss Webster (Budi Eko Wahyudi, Lucia Maria Susanto, dan Riyanto)	96-109
Peningkatan Aktivitas Mahasiswa Pendidikan Kimia terhadap Pembelajaran Kimia Fisika 1 Melalui Metode Kooperatif Learning Berbasis Komputer (Effendi)	110-119
Profil <i>Higher Order Thinking Skills</i> dan <i>Mathematical Habits of Mind</i> Siswa: Studi Kasus pada Siswa Sekolah Menengah Atas untuk Topik Statistika (Ely Susanti)	120-127
Nilai-Nilai Pendidikan Umum pada Pengajaran Matematika di SMP: Studi Kasus Guru Ira (Fitri Apriani, Nyimas Aisyah, dan Cecil Hiltrimartin)	128-134
Pengembangan Perkuliahan Mekanika Berbasis Multipel Representasi untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Mahasiswa (Ismet, liliyasi, dan Agus Setiawan)	135-143
Pengembangan Model Praktikum Berbasis Fenomena Alam (PBFA) untuk Meningkatkan Keterampilan Generik Sains (KGS) Mahasiswa Calon Guru Fisika (Kistiono dan Andi Suhandi)	144-151
Meningkatkan Hasil Belajar Matematika dengan Menggunakan Metode Demonstrasi di Kelas IX C SMP Negeri 15 Palembang	

KAJIAN KINETIKA DAN TERMODINAMIKA ADSORPSI BESI(II) DAN SENG(II) DENGAN PASIR KUARSA

Aldes Lesbani, Sumiati, Mardiyanto

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya
Kampus Unsri Inderalaya 30662, Sumatera Selatan
e-mail: aldeslesbani@yahoo.com

ABSTRAK

Telah dilakukan studi kinetika dan termodinamika adsorpsi besi(II) dan seng(II) dengan pasir kuarsa alam dan hasil preparasi. Studi dipelajari melalui penentuan konstanta laju interaksi, kapasitas adsorpsi dan energi adsorpsi besi(II) dan seng(II) pada pasir kuarsa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konstanta laju adsorpsi yang merupakan parameter kinetika pada seng(II) mempunyai nilai $3,02 \times 10^{-3}$ menit⁻¹ dan $2,57 \times 10^{-3}$ menit⁻¹ untuk besi(II) pada pasir kuarsa alam. Sedangkan pada pasir kuarsa hasil preparasi memiliki nilai sebesar $3,80 \times 10^{-3}$ menit⁻¹ untuk seng(II) dan $3,13 \times 10^{-3}$ menit⁻¹ untuk besi(II). Kapasitas adsorpsi seng(II) dan besi(II) pada pasir kuarsa alam sebesar 5,88 mg/g dan 4,82 mg/g sedangkan pada pasir kuarsa hasil preparasi sebesar 6,15 mg/g untuk seng(II) dan 5,07 mg/g untuk besi(II). Energi adsorpsi seng(II) pada pasir kuarsa alam dan hasil preparasi sebesar 29,94 kJ/mol dan 30,22 kJ/mol sedangkan pada besi(II) sebesar 29,93 kJ/mol untuk pasir kuarsa alam dan 30,13 kJ/mol untuk pasir kuarsa hasil preparasi. Hasil ini secara keseluruhan menunjukkan bahwa adsorpsi seng(II) lebih cepat dan lebih banyak dibanding besi(II) pada pasir kuarsa alam dan hasil preparasi yang menunjukkan parameter kinetika sejalan dengan parameter termodinamika.

Kata kunci: kinetika, termodinamika, adsorpsi, pasir kuarsa, ion logam.

ABSTRACT

Study of kinetic and thermodynamic adsorption of iron(II) and zinc(II) in natural quartz sand and preparation from natural quartz sand has been carried out systematically. Study was investigated by determination of constant rate interaction, adsorption

capacity and adsorption energy of iron(II) and zinc(II) in quartz sand.

The results showed that adsorption rate constant which was kinetic parameter in the zinc(II) has $3.02 \times 10^{-3} \text{ minute}^{-1}$ and $2.57 \times 10^{-3} \text{ minute}^{-1}$ for iron(II) in natural quartz sand. Then in the quartz sand from preparation of natural quartz sand has $3.80 \times 10^{-3} \text{ minute}^{-1}$ for zinc(II) and $3.13 \times 10^{-3} \text{ minute}^{-1}$ for iron(II). Adsorption capacity of zinc(II) and iron(II) in natural quartz sand has 5.88 mg/g and 4.82 mg/g, thus quartz sand from preparation has 6.15 mg/g for zinc(II) and 5.07 mg/g for iron(II). Adsorption energy of zinc(II) in natural quartz sand and from preparation has 29.94 kJ/mol and 30.22 kJ/mol, respectively while in iron(II) has 29.93 kJ/mol for natural quartz sand and 30.13 kJ/mol for natural quartz sand from preparation. All results showed that adsorption of zinc(II) is faster and bigger than adsorption of iron(II) in natural quartz sand and from preparation. These phenomena indicated that kinetic parameter is equal with thermodynamic parameter in the adsorption of zinc(II) and iron (II) on quartz sand.

Keywords: kinetic, thermodynamic, adsorption, quartz sand, metal ion.

I. PENDAHULUAN

Metode adsorpsi merupakan salah satu metode yang paling banyak digunakan untuk mengeliminir pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh kehadiran logam-logam. Metode ini dipilih karena memiliki keuntungan dibanding metode yang lain karena mudah dikerjakan, waktu pengerjaan yang relatif singkat, biaya yang murah serta tidak menimbulkan efek samping seperti pencemaran akibat penggunaan zat kimia (Oscik, 1982).

Metode adsorpsi secara dasar menggunakan adsorben untuk menyerap adsorbat yang berupa ion-ion logam. Adsorben yang digunakan dapat berupa adsorben organik maupun adsorben anorganik (Adamson, 1990). Masing-masing jenis adsorben memiliki keunggulan dan kelemahan masing-masing sehingga pemilihan adsorben sangat penting dalam proses adsorpsi ion logam.

Lesbani dan Yusuf (2002a) telah melaporkan penggunaan adsorben organik seperti kitin untuk menyerap ion logam dalam medium air. Penggunaan adsorben anorganik seperti mineral alam yakni hematite, magnetit, dan geotit telah dilaporkan oleh Giménez et.al, (2007). Proses adsorpsi yang dilakukan oleh Lesbani dkk (2002b) lebih ditekankan pada studi jenis ikatan yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat

yang berupa ion-ion logam. Jenis ikatan yang dikaji secara umum diklasifikasikan menjadi ikatan kimia dan ikatan fisik. Ikatan kimia meliputi ikatan ion dan ikatan kovalen yang secara umum terdapat pada kebanyakan senyawa-senyawa kimia (Shriver and Atkins, 2006).

Pada penelitian ini dikaji aspek kinetika dan termodinamika adsorpsi. Kinetika serta termodinamika adsorpsi penting untuk dipelajari karena berhubungan dengan reaktifitas dan stabilitas ion-ion logam yang terikat pada adsorben. Studi termodinamika dalam proses adsorpsi telah dikaji oleh Santosa et.al (2003) melalui penetapan kapasitas adsorpsi dan energi adsorpsi. Adsorben yang akan digunakan dalam penelitian ini yakni pasir kuarsa yang sebelumnya telah dilaporkan pemanfaatannya oleh Lesbani (2011) sebagai adsorben ion logam vanadium dan nikel. Sedangkan adsorbat yang akan dikaji aspek termodinamika dan kinetiknya yakni besi(II) dan seng(II) yang merupakan ion logam transisi dengan sifat asam madya menurut teori asam basa keras lunak (Huheey and Keitler, 1983).

II. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi peralatan gelas kimia seperti labu takar, beker gelas, gelas Erlenmeyer, gelas ukur, pipet volumetrik serta *shaker*, mortar, pH meter, kertas pH universal, pengaduk magnetik, pemanas dan ayakan. Peralatan analisis meliputi spektrofotometer serapan atom Perkin Elmer 3110.

Bahan-bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini buatan Merck dengan kualitas *analytical grade* seperti besi klorida, seng klorida, asam sulfat, potassium permanganat, asam klorida serta pasir kuarsa dan akuades.

2.2. Preparasi Pasir Kuarsa Alam

Pasir kuarsa yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari daerah Sungailiat, Kabupaten Bangka Induk. Sebelum digunakan sebagai adsorben untuk ion logam maka pasir kuarsa dipreparasi terlebih dahulu (Lesbani, 2011). Pasir kuarsa sebanyak 100 g ditambahkan dengan 6 M asam sulfat sebanyak 75 mL dan potassium permanganat 0,5 M sebanyak 75 mL dalam beker gelas 250 mL. Campuran diaduk dengan pengaduk magnetik sambil dipanaskan pada temperatur 80 °C selama 4 jam. Setelah itu pasir kuarsa dicuci sampai pH netral dengan akuades dan dikeringkan pada

temperatur 80 °C selama 12 jam. Prosedur di atas dilakukan sebanyak dua kali. Selanjutnya pasir kuarsa alam dicuci kembali dengan asam klorida 6M sebanyak 75 mL pada temperatur 80 °C sambil diaduk selama 3 jam. Setelah proses penyaringan maka pasir kuarsa dicuci hingga pH netral dan dikeringkan selama 12 jam. Pasir kuarsa yang diperoleh siap digunakan sebagai adsorben ion logam. Pasir kuarsa hasil preparasi digunakan untuk dibandingkan dengan pasir kuarsa alam tanpa preparasi.

2.3. Penetapan Parameter Kinetika (Santosa et.al, 2003)

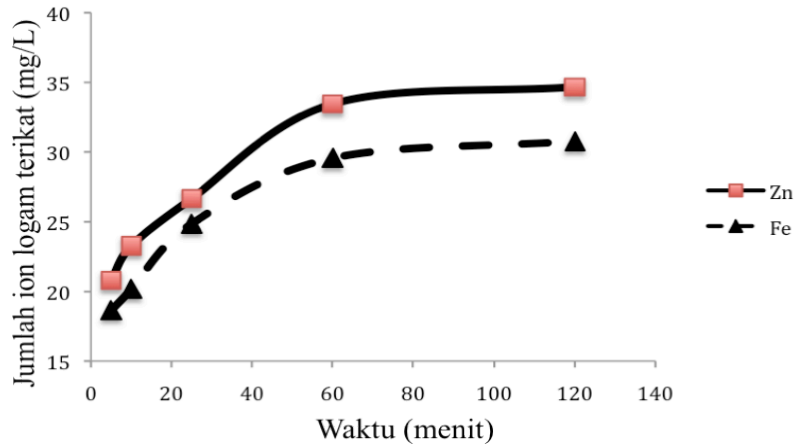
Sebanyak 0,1 g pasir kuarsa hasil preparasi dimasukkan dalam Erlenmeyer kemudian ditambah ion logam besi dengan konsentrasi 100 mg/L sebanyak 10 mL. Adsorpsi dilakukan dengan sistem *batch* dan campuran diaduk dengan *shaker*. Waktu *shaker* divariasikan selama 5, 10, 25, 60, dan 120 menit (Lesbani, 2011). Setelah itu campuran disaring dan filtrat yang diperoleh diukur kandungan ion logam besi dengan spektrofotometer serapan atom. Hal yang sama dilakukan untuk ion logam seng. Sebagai kontrol digunakan pasir kuarsa alam tanpa proses preparasi dan pencucian.

2.3. Penetapan Parameter Termodinamika (Santosa et.al, 2003)

Sebanyak 0,1 g pasir kuarsa hasil preparasi dimasukkan ke dalam Erlenmeyer lalu ditambahkan 10 mL ion logam besi dengan konsentrasi yang telah ditetapkan. Konsentrasi ion logam besi yang digunakan yakni 5, 10, 25, 50, 100, dan 200 mg/L. Proses adsorpsi dilakukan dengan sistem *batch-shaker* selama waktu tercapainya kesetimbangan adsorpsi yang diperoleh pada prosedur penetapan parameter kinetika. Setelah itu larutan disaring dan filtratnya dianalisis dengan spektrofotometer serapan atom. Hal yang sama dilakukan untuk ion logam seng. Sebagai kontrol digunakan pasir kuarsa alam tanpa proses preparasi dan pencucian.

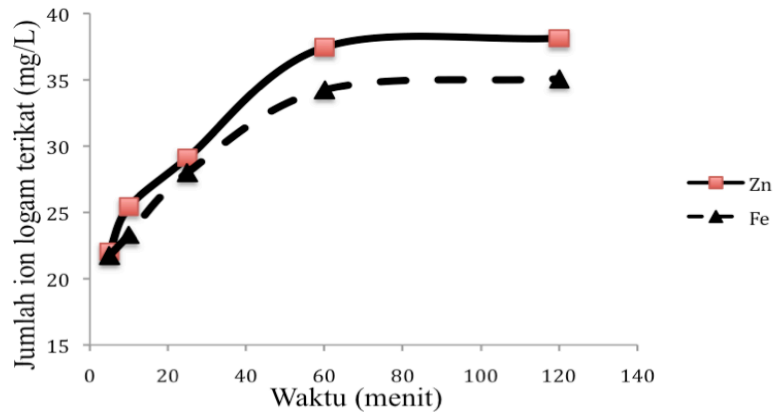
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penetapan parameter kinetika adsorpsi besi(II) dan seng(II) pada pasir kuarsa dilakukan melalui pengamatan variasi waktu adsorpsi besi(II) dan seng(II) pada pasir kuarsa alam dan pasir kuarsa hasil preparasi yang disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengaruh waktu adsorpsi besi(II) dan seng(II) pada pasir kuarsa alam.

Pada Gambar 1 terlihat bahwa dengan bertambahnya waktu adsorpsi besi(II) dan seng(II) maka akan meningkatkan jumlah besi(II) dan seng(II) yang teradsorpsi pada pasir kuarsa. Terlihat pula bahwa seng(II) memiliki jumlah ion yang teradsorpsi lebih banyak pada pasir kuarsa dibanding dengan besi(II) pada waktu interaksi yang sama. Proses pencucian terhadap pasir kuarsa alam menggunakan larutan asam menghasilkan pola adsorpsi variasi waktu yang sama dengan adsorben pasir kuarsa alam. Gambar 2 menunjukkan pengaruh waktu adsorpsi besi(II) dan seng(II) pada pasir kuarsa alam hasil preparasi. Perhitungan parameter kinetika diperoleh dari data pada Gambar 1 dan 2 dengan menggunakan persamaan Langmuir Heinselwood (Lesbani, 2001). Persamaan Langmuir-Heinselwood seperti yang tersaji pada rumus (1) menghasilkan konstanta laju adsorpsi besi(II) dan seng(II) pada pasir kuarsa. Data konstanta laju adsorpsi besi(II) dan seng(II) pada adsorben pasir kuarsa disajikan pada Tabel 1.



Gambar 2. Pengaruh waktu adsorpsi besi(II) dan seng(II) pada pasir kuarsa hasil preparasi.

$$\frac{\ln C_0/C}{C} = k_1 \frac{t}{C} + K \quad (1)$$

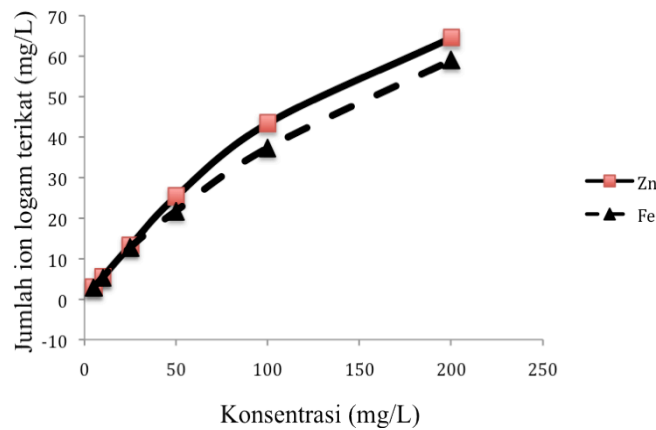
Dimana C_0 : konsentrasi kation awal, C : konsentrasi kation sisa, t : waktu adsorpsi,
 k_1 : konstanta laju adsorpsi, K : konstanta kesetimbangan waktu adsorpsi

Tabel 1. Konstanta laju interaksi besi(II) dan seng(II) dengan pasir kuarsa.

Ion logam	Konstanta laju interaksi (k, menit ⁻¹)	
	Pasir kuarsa alam	Pasir kuarsa hasil preparasi
Besi(II)	$2,57 \times 10^{-3}$	$3,13 \times 10^{-3}$
Seng(II)	$3,02 \times 10^{-3}$	$3,80 \times 10^{-3}$

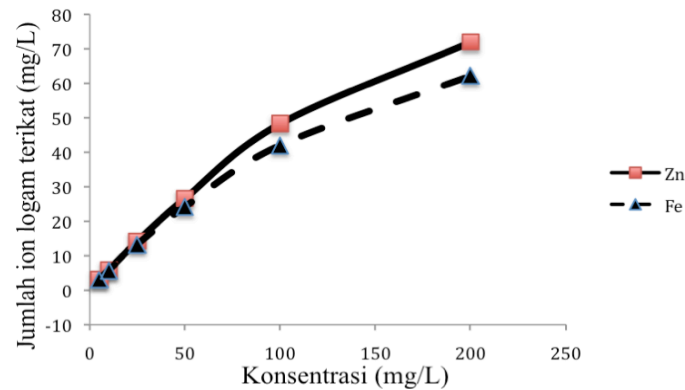
Pada data Tabel 1 diatas terlihat bahwa laju adsorpsi seng(II) lebih cepat bila dibandingkan dengan besi(II) baik untuk adsorben pasir kuarsa alam maupun pasir kuarsa hasil preparasi. Walaupun tidak dilakukan uji statistik terhadap hasil adsorpsi pada variasi waktu untuk mendapatkan data parameter kinetika namun dari hasil perhitungan menggunakan persamaan Langmuir-Heinselwood dapat terlihat adanya perbedaan nilai konstanta laju adsorpsi untuk besi(II) dan seng(II) untuk kedua

adsorben. Besi(II) dan seng(II) merupakan unsur yang berada dalam blok d tabel periodik. Bila ditinjau ukuran kation maka seng(II) yang letaknya disebelah kanan besi(II) dalam perioda yang sama memiliki ukuran yang lebih kecil bila dibanding dengan besi(II) (Rodgers, 2002). Kecilnya ukuran kation seng(II) ini berhubungan dengan reaktifitas yang dimilikinya sehingga parameter kinetika yang menunjukkan reaktifitas adsorbat seng(II) lebih reaktif dibanding dengan besi(II). Hal ini menghasilkan nilai konstanta laju adsorpsi seng(II) yang lebih besar dibanding dengan besi(II) pada adsorben pasir kuarsa. Selanjutnya dilakukan penetapan parameter termodinamika melalui pengamatan variasi konsentrasi besi(II) dan seng(II) yang teradsorpsi pada pasir kuarsa.



Gambar 3. Pengaruh konsentrasi besi(II) dan seng(II) pada adsorpsi dengan pasir kuarsa alam.

Hasil pengamatan variasi konsentrasi besi(II) dan seng(II) yang teradsorpsi pada pasir kuarsa dan pasir kuarsa hasil preparasi disajikan pada Gambar 3 dan 4. Seperti halnya penetapan parameter kinetika maka data yang diperoleh pada penetapan parameter termodinamika memiliki kemiripan dimana jumlah seng(II) yang teradsorpsi pada pasir kuarsa alam dan hasil preparasi memiliki jumlah yang lebih besar bila dibanding dengan besi(II).



Gambar 4. Pengaruh konsentrasi besi(II) dan seng(II) pada adsorpsi dengan pasir kuarsa hasil preparasi.

Dari data pada Gambar 3 dan 4 diatas dapat dihitung parameter termodinamika yakni kapasitas adsorpsi melalui persamaan Langmuir (Oscik, 1982) seperti tersaji pada persamaan 2. Energi adsorpsi dihitung menggunakan persamaan 3 dari data pada Gambar 3 dan 4 dimana temperatur yang dipakai adalah temperatur ruang. Persamaan ini digunakan dengan asumsi bahwa proses adsorpsi besi(II) dan seng(II) pada pasir kuarsa merupakan adsorpsi *monolayer* (lapisan tunggal). Persamaan Langmuir yang tersaji pada rumus (2) menunjukkan bahwa adsorbat terikat pada adsorben dengan satu lapis terlebih dahulu dengan mengisi situs-situs aktif yang dimiliki oleh adsorben. Proses ini dapat berlanjut ke lapisan kedua membentuk *multilayer* bila keadaan masih memungkinkan setelah *layer* pertama terbentuk (Adamson, 1990). Data kapasitas adsorpsi dan energi adsorpsi besi(II) dan seng(II) pada pasir kuarsa disajikan pada Tabel 2.

$$\frac{C}{m} = \frac{1}{bK} + \frac{C}{b} \quad (2)$$

dimana C : konsentrasi kation sisa, m : jumlah kation teradsorpsi, b : kapasitas adsorpsi, K : konstanta kesetimbangan adsorpsi

$$E = RT \ln K \quad (3)$$

Dimana E = energi adsorpsi, R = tetapan, T = temperatur, K = konstanta kesetimbangan yang diperoleh dari persamaan 2.

Tabel 2. Harga kapasitas adsorpsi (b) dan energi adsorpsi (E) besi(II) dan seng(II) dengan pasir kuarsa.

Ion logam	Pasir kuarsa alam		Pasir kuarsa hasil preparasi	
	b (mg/g)	E (kJ/mol)	b (mg/g)	E (kJ/mol)
Besi(II)	4,82	29,93	5,07	30,13
Seng(II)	5,88	29,94	6,15	30,22

Pada data Tabel 2 terlihat bahwa seng(II) menghasilkan kapasitas adsorpsi (b) dan energi adsorpsi (E) yang lebih dari besi(II) pada adsorben pasir kuarsa alam dan hasil preparasi. Pasir kuarsa hasil preparasi memiliki kapasitas adsorpsi dan energi adsorpsi yang lebih besar dari pasir kuarsa alam dikarenakan pengotor yang terdapat pada pasir kuarsa hasil preparasi dari pasir kuarsa alam telah berkurang yang menyebabkan kapasitas adsorpsinya bertambah. Sama halnya dengan penetapan parameter kinetika, maka pada penetapan parameter termodinamika tidak dilakukan uji statistik terhadap hasil adsorpsi yang diperoleh untuk besi(II) dan seng(II) pada adsorben pasir kuarsa alam dan preparasi pasir kuarsa alam. Dari data pada Tabel 2 terlihat bahwa adanya perbedaan nilai kapasitas adsorpsi dan energi adsorpsi yang diperoleh dari perhitungan pada Gambar 3 dan 4. Hal ini menunjukkan bahwa adanya perbedaan nyata terhadap harga kapasitas adsorpsi dan energi adsorpsi yang diperoleh.

Bila ditinjau teori asam basa keras lunak (*hard and soft acid and base*, HSAB) (Pearson, 1968), maka baik besi(II) maupun seng(II) merupakan asam madya yang menyukai ikatan dengan basa madya. Pasir kuarsa yang memiliki pori dan adanya gugus silanol maupun siloksan memiliki sifat basa keras sehingga apabila besi(II) ataupun seng(II) teradsorpsi akan menghasilkan kemungkinan teradsorpsi yang sama besar. Akan tetapi hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa seng(II) memiliki kapasitas adsorpsi yang lebih besar dibanding besi(II). Bila diasumsikan ikatan yang terbentuk antara besi(II) maupun seng(II) dengan pasir kuarsa adalah ikatan fisik dimana ion logam terjebak didalam pori-pori yang dimiliki pasir kuarsa maka seng(II) dengan ukuran kation yang lebih kecil dimungkinkan untuk lebih banyak teradsorpsi dibandingkan dengan besi(II). Hal ini yang melandasi seng(II) teradsorpsi lebih banyak dengan kapasitas adsorpsi yang besar bila dibanding besi(II).

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa pasir kuarsa alam memiliki konstanta laju interaksi $3,02 \times 10^{-3}$ menit⁻¹ untuk seng(II) dan $2,57 \times 10^{-3}$ menit⁻¹ untuk besi(II). Pada pasir kuarsa alam hasil preparasi memiliki konstanta laju adsorpsi sebesar $3,80 \times 10^{-3}$ menit⁻¹ untuk seng(II) dan $3,13 \times 10^{-3}$ menit⁻¹ untuk besi(II). Kapasitas adsorpsi pada pasir kuarsa alam sebesar 5,88 mg/g untuk seng(II) dan 4,82 mg/g untuk besi(II). Pada pasir kuarsa alam hasil preparasi memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 6,16 mg/g untuk seng(II) dan 5,07 mg/g untuk besi(II). Energi adsorpsi besi(II) dan seng(II) pada adsorben pasir kuarsa alam dan pasir kuarsa alam hasil preparasi memiliki rentang energi adsorpsi sebesar 29,93-30,22 kJ/mol.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamson. A.W, 1990, Physical Chemistry of Surfaces, 5th ed, John Wiley and Sons, New York.
- Giménez. J, Martínez. M, Pablo J.d, Rovira. M, Duro. L, 2007, Arsenic Sorption Onto Natural Hematite, Magnetite, and Goethite, *Journal of Hazardous Materials*, 141, 575-580.
- Huheey, J. E, Keitler, R. L., 1983, Inorganic Chemistry, Harper Collins Collage Publisher, New York.
- Lesbani. A, 2001, Peranan Mekanisme Pertukaran Ion dan Pembentukan Kompleks Dalam Adsorpsi Seng(II) dan Kadmium (II) Pada Adsorben Cangkang Kepiting Laut (*Portunus pelagicus* Linn), Tesis Magister, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Lesbani. A, Yusuf. S, 2002a, Karakteristik Adsorpsi Besi(I(II) Pada Kitin Dari *Scylla serrata.*, *Forum MIPA*, Majalah Ilmiah Jurusan PMIPA FKIP Universitas Sriwijaya, 7, 3, 38-44.
- Lesbani. A, Narsito, Santosa. S. J, 2002b, Adsorpsi Desorpsi Seng(II) Pada Kitin dan Kitosan., "*Majalah Sriwijaya*, 35, 1, 1-6.
- Lesbani. A, 2011, Studi Interaksi Vanadium dan Nikel Dengan Pasir Kuarsa, *Jurnal Penelitian Sains*, 14,4, 14410-43-46.
- Oscik, 1982, Adsorption, John Wiley, Chichester.
- Pearson. R.G, 1968, Hard and Soft Acids and Bases, HSAB, Part I: Fundamental

- Principles, *Journal of Chemical Education*, 45,9,581.
- Rodgers. G.E, 2002, Descriptive Inorganic, Coordination, and Solid-State Chemistry, 2nd Edition, Thomson Learning, Canada.
- Santosa. S. J, Narsito, Lesbani. A, 2003, The Determination of Active site, Capacity, Energy and Rate Constant on the Adsorption of Zn(II) and Cd(II) on Chitin, *Journal of Ion Exchange*, 14, 89-92.
- Shriver, Atkins, 2006, Inorganic Chemistry, 4th Edition, Oxford University Press, UK.