ADSORPSI ION LOGAM TEMBAGA MENGGUNAKAN NANO ZEOLIT ALAM YANG DIAKTIVASI

Adsorption of Copper Ions Using Activated Nano Natural Zeolite

Yulianis*, Mahidin, dan Syaifullah Muhammad

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7, Banda Aceh, 23111, Indonesia

*e-mail: yulianispratama@gmail.com

Diterima: 6 April 2017, revisi akhir: 15 Juni 2017 dan disetujui untuk diterbitkan: 20 Juni 2017

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk melihat kemampuan zeolit alam yang berasal dari Blang Pidie, Kabupaten Aceh Barat Daya, Provinsi Aceh, Indonesia yang diaplikasikan sebagai adsorben untuk menyerap ion logam berat tembaga (Cu^{2+}) dalam larutan. Penelitian dilakukan dengan peningkatan unjuk kerja zeolit alam melalui pengecilan ukuran sampai nano partikel, selanjutnya diaktivasi fisika dan aktivasi kimia menggunakan HCl 0,05 M kemudian dikalsinasi pada temperatur 350 °C selama 2 jam. Uji adsorpsi ion logam Cu^{2+} terhadap nano zeolit alam setelah aktivasi dilakukan dengan metode *batch* untuk menentukan pengaruh waktu kontak, berat adsorben, pH, dan konsentrasi awal. Hasil penelitian menunjukkan adsorpsi optimum pada konsentrasi awal 40 mg/L, berat adsorben 1 gram, pH 6 selama waktu kontak 120 menit dengan persen ion logam Cu^{2+} yang terserap sebesar 99,86% dan kapasitas adsorpsi sebesar 7,789 mg/g. Isotermal adsorpsi menyerupai isoterm Freundlich dengan nilai R^2 0,9685, konstanta Freundlich (K_f) sebesar 111,99 mg/g dan nilai n sebesar 0,986. Studi kinetika menunjukkan bahwa adsorpsi ion logam Cu^{2+} mengikuti model kinetika orde dua semu dengan nilai regresi linier 0,9997 dan nilai konstanta 0,121 min^{-1} .

Kata kunci: Zeolit alam, nano partikel, adsorpsi, tembaga (Cu^{2+}), *isothermal*

ABSTRACT

This study was aimed to find out the ability of natural zeolite coming from Blang Pidie, South West Aceh District, Aceh Province, Indonesia, which was applied as an adsorbent to adsorb heavy metal copper (Cu^{2+}) ions in aqueous solution. This research was conducted to enhance the performance of natural zeolite by downsizing it to nano particles, then activated physically and chemically using 0.05 M HCl, then calcined at temperature 350°C for 2 hours. Test of Cu^{2+} metal ion adsorption to nano natural zeolite after activation was done by batch method to determine the effect of contact time, weight of the adsorbent, pH, and initial concentration. The results showed that the optimum adsorption at the initial concentration 38.998 mg/L, weight adsorbent 1 gram, pH 6 during 120 minutes of the contact time with the percentage metal ion Cu^{2+} adsorption up to 99.86% and adsorption capacity 7.789 mg/g. Isothermal adsorption resembled with the isotherms Freundlich with the R^2 value of 0.9685, Freundlich constants (K_f) 111.99 mg/g and n value 0.986. The kinetic studies indicated that the adsorption of metal ions Cu^{2+} could be described by pseudo second order kinetic model with linear regression value 0.9997 and a constant value 0.121 min^{-1} .

Keywords: Natural zeolite, nano particle, adsorption, copper (Cu^{2+}), *isothermal*

PENDAHULUAN

Tingginya penggunaan logam berat beberapa dekade terakhir ini mengakibatkan meningkatnya kandungan logam berat

dalam lingkungan terutama di lingkungan perairan (Erdem et al., 2004). Kontribusi logam berat diantaranya dari air asam tambang akibat dari aktivitas pertambangan mineral logam dan batubara,

limbah industri dan domestik, pertanian, hujan asam dan lain lain. Logam berat menjadi perhatian khusus karena logam berat tidak dapat didegradasi sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan (Fu and Wang, 2011). Tembaga adalah salah satu logam yang banyak terkandung pada limbah industri. Tingginya kandungan logam tembaga dapat berdampak buruk bagi terhambatnya pertumbuhan biota perairan dan mengakibatkan berbagai penyakit bagi manusia (Simate and Ndlovu, 2014).

Teknik yang telah dikembangkan dalam pengolahan limbah terutama dalam penyerapan logam diantaranya adalah presipitasi (Macingova and Luptakova, 2012), ion exchange (Gaikwad et al., 2010), teknologi membran (Al-Zoubi et al., 2010), elektrokimia (Luptakova et al., 2012), elektrodialisa (Buzzi et al., 2011), secara biologi (Kumar et al., 2013), dan adsorpsi (Mohan and Chander, 2006; Motsi et al., 2009). Diantara metode tersebut adsorpsi yang paling diminati karena ekonomis dan mekanisme yang efisien serta bahan bakunya tersedia di alam (Masukume et al., 2014).

Adsorpsi adalah suatu proses dimana suatu komponen bergerak dari suatu fasa menuju permukaan yang lain sehingga terjadi perubahan konsentrasi pada permukaan. Zat yang diserap disebut adsorbat sedangkan zat yang menyerap disebut adsorben (Treybal, 1980). Proses difusi (perpindahan) pada adsorpsi menyebabkan molekul-molekul dari fluida ke permukaan adsorben padat berdasarkan interaksi molekuler antara adsorben dengan adsorbat. Adsorben yang ekonomis dan menarik secara komersial diantaranya adalah mempunyai daya serap yang tinggi, berupa zat padat yang mempunyai luas permukaan yang besar, tidak boleh larut dalam zat yang akan diadsorpsi, tidak boleh mengadakan reaksi kimia dengan campuran yang akan dimurnikan, dapat diregenerasi kembali dengan mudah, tidak meninggalkan residu berupa gas yang berbau, mudah didapat dan harganya murah (Richardson et al., 2002).

Pada penelitian ini akan dilakukan adsorpsi ion logam tembaga dalam larutan menggunakan adsorben dari zeolit alam

yang diperoleh dari Blang Pidie Kabupaten Aceh Barat Daya Propinsi Aceh. Alasan pemilihan teknologi adsorpsi menggunakan zeolit alam ini adalah tidak hanya karena ekonomis, tetapi juga dikarenakan tersedianya sumber daya mineral zeolit dalam jumlah yang besar, mudah diperoleh dan belum adanya peneliti yang menggunakan zeolit alam dari daerah tersebut untuk proses pengolahan limbah.

Persiapan zeolit alam sebagai adsorben terlebih dahulu dimodifikasi untuk meningkatkan *performance* dengan mengecilkan ukurannya sampai ukuran nano partikel, selanjutnya diaktivasi fisika dan kimia serta penyeragaman kation sehingga dapat menyerap ion logam berat tembaga (Cu^{2+}). Logam berat yang akan digunakan dari larutan artifisial $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Peningkatan *performance* zeolit alam sebagai salah satu perwujudan konservasi sumberdaya mineral yaitu menggunakan metode atau teknologi pengolahan dengan maksud untuk meningkatkan nilai kualitas zeolit alam sehingga logam berat dalam limbah dapat terserap secara maksimal.

Penelitian terdahulu mengenai penyerapan logam berat dalam air asam tambang dengan adsorben zeolit alam pernah dilakukan oleh (Motsi et al., 2009). Dalam penelitian (Motsi et al., 2009) menyatakan bahwa zeolit alam sebagai adsorben tanpa modifikasi kimia dapat menyerap logam Fe^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , dan Mn^{2+} dalam air asam tambang, dilakukan dalam kondisi *batch*. Proses adsorpsi pada penelitian tersebut dengan variasi pengaruh tingkat pH, massa zeolit, ukuran partikel, dan temperatur. Zeolit alam memberikan hasil yang sangat baik dalam menyerap logam berat Zn^{2+} sebesar 67,8%, Fe^{2+} sebesar 59,9%, Cu^{2+} sebesar 56,8%, dan Mn^{2+} sebesar 18,9% pada air asam tambang. Peningkatan *performance* zeolit alam sangat disarankan untuk optimalisasi penyerapan.

Dalam meningkatkan *performance* zeolit selain dengan modifikasi, penelitian juga dikembangkan ke arah pengecilan ukuran zeolit hingga menjadi nano partikel. Menurut Mintova dalam (Muhammad et al., 2014) nano zeolit adalah alumina silikat berpori kristal dengan dimensi molekul

antara 10-1000 nm dari ukuran partikel. Merubah ukuran zeolit alam menjadi nano zeolit dilakukan dengan cara penghancuran menggunakan *ball mill*. Nano zeolit memiliki luas permukaan yang lebih besar dan mengurangi jalur difusi panjang karena ukuran partikel yang lebih kecil. Pengecilan ukuran partikel dengan skala nanometer mengarah kepada sifat zeolit yang menjadikan zeolit sebagai bahan adsorben yang sangat menjanjikan untuk berbagai aplikasi (Muhammad et al., 2014).

Dalam penelitiannya (Noroozifar et al., 2014) menggabungkan antara modifikasi kimia dan zeolit nano partikel yaitu modifikasi nano zeolit dengan *balloform* untuk menghilangkan arsenat dari air limbah. Hasil proses adsorpsi menunjukkan bahwa arsenat dapat diserap hingga lebih dari 99%. Dari sudut pandang komersial cara ini dianggap ekonomis karena ketersediaan zeolit alam yang melimpah dan proses yang sederhana (Noroozifar et al., 2014).

METODOLOGI PENELITIAN

Alat yang digunakan adalah *jaw crusher*, *ball mill*, *sieve shaker*, *alpine residue*, *magnetic stirrer* (30 mm), motor pengaduk, *oven dryer* (Memmeth DIN 12880-KI), pH meter (Hanna Instruments), *stirrer plate* (Barnstead Thermolyne Cimarec), pipet tetes, kertas saring (Whatmann-41), corong penyaring, timbangan analitik (Shimadzu AW-220), *screening* (ayakan), *stopwatch*, pipet ukur 25 ml, gelas ukur 100 ml, erlenmeyer 250 ml, dan botol aquades. Bahan yang digunakan adalah zeolit alam dari Kabupaten Aceh Barat Daya, Provinsi Aceh, limbah artifisial $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, aquades, HCl, NaOH dan H_2SO_4 .

Persiapan Aktivasi Nano Zeolit Alam

Zeolit dibersihkan dan dikeringkan selanjutnya dilakukan proses pengecilan ukuran partikel dengan menggunakan *jaw crusher* dan *ball mill*. Keluaran dari *ball mill* diayak dengan *sieve shaker* sehingga diperoleh residu butiran zeolit berukuran nano partikel. untuk menghilangkan pengotor nano zeolit dicuci menggunakan aquades selama 1 jam pada suhu 70°C

lalu diendapkan. Endapan yang terbentuk kemudian dikeringkan pada suhu 105°C. Selanjutnya diaktivasi dengan asam HCl 0,05 M dengan perbandingan berat zeolit : asam yaitu 1:3 dan campuran diaduk selama 1 jam pada suhu 70°C lalu diendapkan. Endapan yang terbentuk kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105°C. Selanjutnya zeolit dicuci dengan aquades selama 1 jam pada suhu 70°C, kemudian diendapkan selama 24 jam dan dikeringkan pada suhu 105°C. Kemudian dikalsinasi selama 2 jam di dalam *furnace* pada temperatur 350°C.

Proses Adsorpsi Ion Logam Cu^{2+}

Nano zeolit alam yang telah diaktivasi dengan berat bervariasi 0,25; 0,5; 1; dan 2 gram dimasukkan ke limbah artifisial logam berat $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dengan konsentrasi yang bervariasi yaitu 10, 20, 40, 80, 100 ppm sebanyak masing-masing 200 ml *beaker glass*. Untuk mengatur pH larutan digunakan NaOH 1 M dan H_2SO_4 1 M. Kemudian diaduk dengan kecepatan 110 rpm selama waktu kontak masing-masing 30, 60, 90, 120, 180 menit pada temperatur ruang. Konsentrasi Cu^{2+} dalam larutan diukur menggunakan alat *Atomic Adsorption Spectrophotometer* (AAS).

Karakterisasi Zeolit

Karakterisasi zeolit dilakukan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Fourier Transform Infrared* (FTIR), dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

Analisa Data Adsorpsi Kapasitas adsorpsi

Perhitungan kapasitas adsorpsi zeolit pada keadaan kesetimbangan dihitung dengan persamaan (1).

$$qe = \frac{(C_0 - C_e)V}{m} \quad (1)$$

Isotermal adsorpsi

Model persamaan isotermal Langmuir menggunakan persamaan (2).

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{ab} \frac{1}{C_e} + \frac{1}{b} \quad (2)$$

Model persamaan isothermal Freundlich menggunakan persamaan (3).

$$\log q_e = \log K + \frac{1}{n} \log C_e \quad (3)$$

Kinetika adsorpsi

Kinetika adsorpsi logam Cu^{2+} ditentukan menggunakan persamaan (4) orde satu semu dan persamaan (5) orde dua semu.

$$\log (q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1 t}{2,303} \quad (4)$$

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e} + \frac{1}{q_e} t \quad (5)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi XRD, FTIR, SEM

Hasil uji XRD nano zeolit alam aktivasi ditampilkan pada Gambar 1 dan Spektra FTIR nano zeolit alam aktivasi ditampilkan pada Gambar 2.

Sumber: Data penelitian sendiri

Gambar 1. Hasil uji XRD nano zeolit alam aktivasi

Hasil Tes XRD (Gambar 1) memperlihatkan bahwa refleksi dengan intensitas yang tajam pada daerah $2\theta = 26,65^\circ$ ($d = 3,34 \text{ \AA}$) adalah karakteristik mineral mineral kuarsa (SiO_2), dan refleksi dengan intensitas terbesar $2\theta = 29,43^\circ$ ($d = 3,03 \text{ \AA}$) mineral kalsit (CaCO_3), serta mineral klinoklor $[(\text{Mg}, \text{Fe})_6 (\text{Si}, \text{Al})_4 \text{O}_{10} (\text{OH})_8]$ memberikan refleksi dengan intensitas terbesar $2\theta = 18,76^\circ$ ($d = 4,7 \text{ \AA}$).

Sumber: Data penelitian sendiri

Gambar 2. Spektra FTIR nano zeolit alam aktivasi

Hasil karakterisasi dari FTIR (Gambar 2) memperlihatkan bahwa gugus fungsi yang terdapat pada sampel yang diteliti menunjukkan karakter kerangka struktur zeolit yaitu terdapat puncak $877\text{--}993 \text{ cm}^{-1}$ yang merupakan vibrasi ulur asimetris Si-O dan Al-O interpretasi dari serapan ikatan pada unit struktur utama zeolite (Barczyk et al., 2014). Ion karbonat pada nano zeolit alam nano zeolit setelah dilakukan aktivasi yaitu pada puncak 1450 cm^{-1} . Bilangan gelombang karbonat berada pada $1450\text{--}1410 \text{ cm}^{-1}$ (Coates et al., 2006).

Sumber: Dokumentasi pribadi

Gambar 3. SEM nano zeolit alam aktivasi

Karakterisasi SEM nano zeolit alam aktivasi ditampilkan pada Gambar 3. Karakterisasi dengan SEM digunakan untuk mengetahui morfologi dari nano zeolit yang telah diaktivasi memperlihatkan

bahwa zeolit berhasil dikecilkan ukuran sampai nano partikel.

Adsorpsi Logam Cu^{2+}

Parameter yang mempengaruhi penyerapan ion logam adalah waktu kontak, berat adsorben, pH, konsentrasi awal logam Cu^{2+} .

Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Efisiensi Penyerapan Ion Logam Cu^{2+}

Pengujian ini dilakukan untuk konsentrasi 40 ppm. Lamanya waktu kontak antara adsorbat dengan adsorben mempengaruhi efisiensi penyerapan. Semakin lama waktu kontak, maka ion Cu^{2+} yang terserap akan semakin meningkat, seperti ditampilkan pada Gambar 4. Pada konsentrasi 40 ppm dengan massa 1 gram adsorben nano zeolit alam aktivasi dan kecepatan pengaduk 110 rpm, diperoleh efisiensi penyerapan pada saat 30, 60, 90, 120 menit berturut-turut adalah 95,99; 97,87 99,09; dan 99,57%. Berdasarkan data di atas, terlihat bahwa efisiensi penyerapan terbesar adalah 99,57% pada menit ke-120 yang merupakan waktu kesetimbangan.

Sumber: Data penelitian sendiri

Gambar 4. Hubungan waktu kontak terhadap efisiensi penyerapan ion logam Cu^{2+} pada konsentrasi 40 ppm, dengan massa adsorben 1 gram, pH 2

Pengaruh Berat Adsorben Terhadap Efisiensi Penyerapan Ion Logam Cu^{2+}

Berat adsorben yang digunakan dalam adsorpsi logam Cu^{2+} adalah 0,25; 0,5; 1; dan 2 gram. Proses adsorpsi dilakukan

dengan waktu kontak 120 menit pada pH 2. Pengaruh berat adsorben terhadap efisiensi penyerapan ion logam Cu^{2+} dapat dilihat pada Gambar 5.

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat bahwa efisiensi penyerapan dengan berat 0,25 gram hanya sebesar 55,94%, kemudian dengan berat adsorben 0,5 gram efisiensi penyerapan bertambah menjadi 90,13%, pada berat adsorben 1 gram efisiensi penyerapan meningkat hingga 99,57% dan berat adsorben 2 gram efisiensi penyerapan hanya naik menjadi 99,69%. Dari berbagai variasi berat adsorben tersebut diatas, efisiensi penyerapan optimum dalam menyerap ion logam Cu^{2+} yaitu pada berat adsorben 1 gram.

Sumber: Data penelitian sendiri

Gambar 5. Hubungan berat adsorben terhadap efisiensi penyerapan ion logam Cu^{2+} pada konsentrasi 40 ppm, pH 2 dengan waktu kontak 120 menit

Pengaruh pH Terhadap Efisiensi Penyerapan Ion Logam Cu^{2+}

pH yang digunakan dalam adsorpsi logam Cu^{2+} adalah 2, 4, 6 dan proses adsorpsi dilakukan dengan waktu kontak 120 menit dengan berat 1 gram. Pengaruh pH terhadap efisiensi penyerapan ion logam Cu^{2+} dapat dilihat pada Gambar 6. Semakin bertambah pH maka efisiensi penyerapan juga semakin bertambah seperti (Gambar 6). Efisiensi penyerapan dengan pH 2 sebesar 99,57%, kemudian dengan pH 4 efisiensi penyerapan bertambah 99,85%, dan pH 6 efisiensi

penyerapan meningkat menjadi 99,86%. Efisiensi penyerapan terbesar adalah pada pH 6.

Sumber: Data penelitian sendiri

Gambar 6. Hubungan pH terhadap efisiensi penyerapan ion logam Cu^{2+} pada konsentrasi 40 ppm, berat adsorben 1 gram, dan waktu kontak 120 menit

Pengaruh Konsentrasi Awal Adsorbat terhadap Efisiensi Penyerapan Ion Logam Cu^{2+}

Percobaan pengaruh konsentrasi awal adsorbat terhadap kapasitas penyerapan ion logam Cu^{2+} dilakukan dengan variasi konsentrasi adsorbat yaitu 10; 20; 40; 80; 100 ppm dan proses adsorpsi dilakukan dengan waktu kontak 120 menit, berat adsorben 1 gram, dan kecepatan pengaduk 110 rpm. Untuk menentukan pengaruh konsentrasi awal adsorbat terhadap efisiensi penyerapan, maka diplot grafik hubungan antara konsentrasi awal adsorbat dengan efisiensi penyerapan seperti pada Gambar 7.

Berdasarkan Gambar 7 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan efisiensi ppm berturut-turut 99,78%; 99,81%; 99,86%, penyerapan pada konsentrasi 10; 20; 40 kemudian terjadi penurunan efisiensi penyerapan pada konsentrasi 80; 100 ppm yaitu 99,80%; 99,81%. Terjadi peningkatan pada konsentrasi 40 ppm yang merupakan konsentrasi optimum dengan persentase penyisihan tertinggi sebesar 97,86%. Penyisihan adsorbat akan cepat pada interval awal dan akhirnya akan mencapai keadaan konstan

untuk waktu yang lebih lama seperti terlihat pada data.

Sumber: Data penelitian sendiri

Gambar 7. Hubungan konsentrasi awal adsorbat (C_0) terhadap efisiensi penyerapan ion logam Cu^{2+} dengan berat adsorben 1 gram, pH 6 dan waktu kontak 120 menit.

Isoterm Adsorpsi

Isoterm Langmuir adsorpsi ion logam Cu^{2+} pada setiap konsentrasi 10; 20; 40; 80; 100 ppm, berat adsorben 1 gram dan pH 6 ditampilkan pada Gambar 8. Dan isotherm Freundlich ditampilkan pada gambar 9.

Sumber: Data penelitian sendiri

Gambar 8. Isoterm Langmuir adsorpsi ion logam Cu^{2+} pada konsentrasi 10; 20; 40; 80; 100 ppm, berat adsorben 1 gram, dan pH 6

Sumber: Data penelitian sendiri

Gambar 9. Isoterm Freundlich pada pada setiap konsentrasi 10; 20; 40; 80; 100 ppm, berat adsorben 1 gram, dan pH 6

Isoterm adsorpsi bertujuan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi dari adsorben. Hal ini penting untuk mengetahui apakah adsorben memiliki nilai ekonomis dan komersial sebagai bahan penyerap. Berdasarkan perhitungan model matematika Langmuir dan Freundlich persamaan (2) dan (3) sesuai dengan Gambar 8 dan 9 menjelaskan bahwa Isoterm adsorpsi ion logam Cu^{2+} menggunakan adsorben nano zeolit alam mengikuti isotherm Freundlich. Nilai konstanta pada masing-masing model isoterm adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Konstanta Langmuir dan Freundlich untuk adsorpsi ion logam Cu^{2+}

Ion logam	Langmuir			Freundlich		
	qm Mg/g	K_L	R^2	N	K_f	R^2
Cu^{2+}	769,23	0,141	0,0051	0,98	111,9	0,968

Kinetika Adsorpsi

Studi kinetika dilakukan untuk menyediakan informasi mengenai proses dinamika yaitu laju adsorpsi, waktu tinggal dan perpindahan massa seperti koefisien perpindahan massa eksternal dan difusi antar partikel (Motsi et al., 2009). Parameter ini penting saat akan mendisain dan mengoperasikan proses adsorpsi dalam pengolahan limbah pada skala industri (Noroozifar et al., 2014). Persamaan kinetika orde satu semu ini ditunjukkan pada Gambar 10. Berdasarkan Gambar 10 diperoleh nilai R^2 sebesar 0,6915, nilai k_1 untuk kinetika adsorpsi pada konsentrasi 40 ppm adalah sebesar $0,076 \text{ min}^{-1}$, dan nilai q_e sebesar $1,105 \text{ mg/g}$.

Persamaan orde dua semu ditunjukkan pada Gambar 11. Berdasarkan Gambar 11 diperoleh nilai R^2 pada grafik sebesar 0,9997, k_2 untuk kinetika adsorpsi pada konsentrasi optimum 40 ppm adalah sebesar $0,121 \text{ min}^{-1}$ dan nilai q_e sebesar $7,868 \text{ mg/g}$.

Gambar 10. Kinetika adsorpsi orde satu semu diperoleh nilai R^2 sebesar 0,6915

Persamaan kinetika adsorpsi yang sesuai untuk adsorpsi logam Cu^{2+} dengan nano zeolit alam setelah aktivasi mengikuti persamaan orde dua semu, ini dapat dilihat dari nilai R^2 yang mendekati 1.

Gambar 11. Kinetika adsorpsi orde dua semu hubungan waktu terhadap t/q_t .

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa zeolit alam yang berasal dari Blang Pidie Kabupaten Aceh Barat Daya dapat digunakan sebagai alternatif yang menguntungkan untuk proses pengolahan limbah. Mineral pengotor yang terdapat dalam zeolit dapat diminimalisir dengan dilakukan proses aktivasi dan mengecilkan ukurannya sehingga menghasilkan zeolit yang lebih berkualitas.

Nano zeolit alam setelah diaktivasi dapat diaplikasikan sebagai adsorben untuk menyerap ion logam Cu^{2+} dengan efisiensi penyerapan mencapai 99,86% dan kapasitas penyerapan sebesar 7,789 mg/g pada konsentrasi optimum 40 mg/L, berat adsorben 1 gram, pH 6 selama waktu kontak 120 menit. Proses adsorpsi ion logam Cu^{2+} menggunakan nano zeolit alam setelah aktivasi menyerupai isotherm Freundlich dengan nilai R^2 sebesar 0,9685.

Kinetika adsorpsi penyerapan ion logam Cu^{2+} menggunakan adsorben nano zeolit alam setelah diaktivasi mengikuti persamaan orde dua semu dengan nilai R^2 sebesar 0,9997 dan nilai k_2 sebesar $0,121 \text{ min}^{-1}$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada pembimbing yang telah member-

kan arahan dan bimbingan saat melakukan penelitian dan penulisan.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Zoubi, H., Rieger, A., Steinberger, P., Pelz, W., Haseneder, R., H?rtel, G., 2010. Optimization study for treatment of acid mine drainage using membrane technology. *Sep. Sci. Technol.* 45, 2004–2016. doi:10.1080/01496395.2010.480963
- Barczyk, K., Mozgawa, W., Kr?l, M., 2014. Studies of anions sorption on natural zeolites. *Spectrochim. Acta Part A Mol. Biomol. Spectrosc.* 133, 876–882. doi:10.1016/j.saa.2014.06.065
- Buzzi, D.C., Lucas St?phano Viegas, Fl?via P. C. Silvas, Espinosa, D.C.R., Rodrigues, M.A.S., Bernardes, A.M., Ten?rio, J.A.S., 2011. The use of microfiltration and electrodialysis for treatment of acid mine drainage, in: 11th International Mine Water Association Congress – Mine Water – Managing the Challenges. Aachen, Germany., pp. 287 – 291.
- Coates, J., Coates, John, 2006. Interpretation of Infrared Spectra, A Practical Approach, in: *Encyclopedia of Analytical Chemistry*. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK. doi:10.1002/9780470027318.a5606
- Erdem, E., Karapinar, N., Donat, R., 2004. The removal of heavy metal cations by natural zeolites. *J. Colloid Interface Sci.* 280, 309–314. doi:10.1016/j.jcis.2004.08.028
- Fu, F., Wang, Q., 2011. Removal of heavy metal ions from wastewaters: A review. *J. Environ. Manage.* 92, 407–418. doi:10.1016/j.jenvman.2010.11.011
- Gaikwad, W.R., Sapkal, V.S., Sapkal, R.S., 2010. Ion exchange system design for removal of heavy metals from acid mine drainage wastewater. *Acta Montan. Slovaca Ročník* 15, 298–304.
- Kumar, R.N., McCullough, C.D., Lund, M.A., 2013. Upper and lower concentration thresholds for bulk

- organic substrates in bioremediation of acid mine drainage. *Mine Water Environ.* 32, 285–292. doi:10.1007/s10230-013-0242-8
- Luptakova, A., Ubaldini, S., Macingova, E., Fornari, P., Giuliano, V., 2012. Application of physical chemical and biological chemical methods for heavy metals removal from acid mine drainage. *Process Biochem.* 47, 1633–1639. doi:10.1016/j.procbio.2012.02.025
- Macingova, E., Luptakova, A., 2012. Recovery of metals from acid mine drainage. *Chem. Eng. Trans.* 28, 109–114.
- Masukume, M., Onyango, M.S., Maree, J.P., 2014. Sea shell derived adsorbent and its potential for treating acid mine drainage. *Int. J. Miner. Process.* 133, 52–59. doi:10.1016/j.minpro.2014.09.005
- Mohan, D., Chander, S., 2006. Removal and recovery of metal ions from acid mine drainage using lignite? A low cost sorbent. *J. Hazard. Mater.* 137, 1545–1553. doi:10.1016/j.jhazmat.2006.04.053
- Motsi, T., Rowson, N.A., Simmons, M.J.H., 2009. Adsorption of heavy metals from acid mine drainage by natural zeolite. *Int. J. Miner. Process.* 92, 42–48. doi:10.1016/j.minpro.2009.02.005
- Muhammad, S., Machdar, I., Saputra, E., 2014. Hydrothermal Synthesis of Nanocrystalline Zeolite using Clear Solution, in: *The 5th Sriwijaya International Seminar on Energy and Environmental Science & Technology.* pp. 80–86.
- Noroozifar, M., Khorasani-Motlagh, M., Naderpour, H., 2014. Modified nanocrystalline natural zeolite for adsorption of arsenate from wastewater: Isotherm and kinetic studies. *Microporous Mesoporous Mater.* 197, 101–108. doi:10.1016/j.micromeso.2014.05.037
- Richardson, J., JH Harker, JR Backhurst, 2002. *Chemical engineering. Particle technology and separation processes*, 5th ed, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Simate, G.S., Ndlovu, S., 2014. Acid mine drainage: Challenges and opportunities. *J. Environ. Chem. Eng.* 2, 1785–1803. doi:10.1016/j.jece.2014.07.021
- Treybal, R.E., 1980. *Mass-transfer operations*, 3th ed. McGraw-Hill, Singapore.