

Penjerapan Natrium pada Hasil Ekstraksi Silika dari Lumpur Panas Bumi

Afiffurroyan Aflah Akmal^{1*}, Chandra Wahyu Purnomo¹, dan Teguh Ariyanto¹

¹Program Studi Teknik Kimia, FT, UGM, Jl. Grafika 2 Bulaksumur, Yogyakarta 55281, Indonesia

*E-mail: afiffakmal33@gmail.com

Abstract

Geothermal sludge contains silica which can be used as plant fertilizer. Extraction of silica from geothermal sludge can be carried out by the extraction method using sodium hydroxide solution to form sodium silicate. This extraction was conducted by varying the extraction time of 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 and 80 minutes; NaOH concentration of 1,5N; and extraction temperature of 80°C. Extracted silica concentration was analyzed using UV-Vis Spectrophotometry. The best extracted silica content was 158673 ppm under 60 minutes of extraction time, 80°C of extraction temperature, and 1.5N of NaOH concentration. The results of this extraction still contain sodium at a concentration and need to be reduced so that it can be used as fertilizer. The process of reducing sodium concentration using the ion exchange method in a batch system. This process uses variations of initial sodium concentration with a resin mass of 20 grams and temperature of 45°C. From the Atomic Adsorption Spectroscopy (AAS) analysis, the adsorption capacity (q_e) increases with increasing the initial sodium concentration. Langmuir's equilibrium provide a match to the adsorption equilibrium experimental data.

Keywords: geothermal sludge; sodium; extraction; ion exchange.

Pendahuluan

Silika (Si) merupakan unsur penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Peningkatan ketersediaan Si dapat meningkatkan tingkat pertumbuhan tanaman dan merupakan elemen *quasi-esensial* untuk banyak tanaman. Sebuah elemen adalah didefinisikan sebagai *quasi-esensial* jika ada di mana-mana pada tanaman dan jika tidak adanya efek yang berbahaya atau penyimpangan sehubungan dengan pertumbuhan, reproduksi, dan perkembangan yang diamati. Tumbuhan mengambil Si dalam bentuk monomer, molekul asam ortosilikat tidak bermuatan (H_4SiO_4), yang dapat melewati membran plasma akar pada pH lingkungan. Konsentrasi silika dalam getah xilem tumbuhan dikotil lebih rendah dari pada larutan eksternal, terlepas dari konsentrasi silika eksternal (Farhangi et al., 2018).

Salah satu sumber daya alam yang mempunyai kandungan silika melimpah adalah lumpur geothermal. Lumpur geothermal adalah limbah yang berupa sludge dari Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP). Lumpur geothermal merupakan salah satu sumber di mana silika non kristal dapat ditemukan. Silika non kristal ini sebenarnya adalah bagian padatan dari endapan fluida panas bumi yang tersedot ke permukaan bumi selama kegiatan pembangkit listrik tenaga panas bumi. Silika non kristal terbentuk melalui erosi dan dekomposisi silika kristalin bersama dengan mineral lainnya, yang diikuti oleh pelarutan dan pengendapan ion SiO_4^{2-} untuk membentuk silika non kristal. Sampai sekarang, di pembangkit listrik tenaga panas bumi, silika ini hanya sebagai mineral hasil samping dan masih dibuang sebagai limbah (Solihin et al., 2017). Salah satu metode pengambilan silika dari lumpur geothermal yaitu dengan metode ekstraksi. Penggunaan NaOH untuk ekstraksi silika sering dilakukan dan produk akhir yang dihasilkan berbentuk padat. Hasil ekstraksi silika dari lumpur geothermal dalam keadaan cair masih banyak mengandung natrium. Sedangkan natrium yang berlebihan tidak disarankan sebagai pupuk tanaman. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengurangi kadar natrium menggunakan resin penukar ion dan mengetahui kemampuan penjerapan natrium dapat direpresentasikan dengan besarnya kapasitas penjerapan yang termasuk parameter suatu model kesetimbangan. Adapun mekanisme terjadinya pertukaran Na dengan kation yang terdapat pada resin penukar ion (H^+) dapat dituliskan sebagai berikut (Singare dkk., 2009).



Salah satu faktor terjadinya penjerapan adalah pemilihan adsorben yang sesuai. Penggunaan resin penukar ion terutama dari jenis resin penukar kation telah banyak digunakan untuk penjerapan logam yang pada dasarnya kebanyakan logam memiliki kecenderungan sebagai suatu kation. Resin penukar ion yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Amberlite IR-120 Na. Suhu juga merupakan faktor yang mempengaruhi penjerapan. Penjerapan akan berlangsung lebih cepat seiring dengan meningkatnya suhu larutan. Faktor-faktor lain yang mempengaruhi penjerapan logam menggunakan resin penukar ion, antara lain jumlah (dosis) resin, kecepatan pengadukan dan konsentrasi logam

mula-mula (El Latif, 2005; Lee dkk., 2007). Diketahui bahwa kecepatan pengadukan yang semakin besar akan membuat laju penjerapan logam oleh resin penukar ion juga semakin besar (El Latif, 2005).

Metode Penelitian

Dalam memprediksi kesetimbangan penjerapan dapat digunakan model kesetimbangan Langmuir dan model kesetimbangan Freundlich. Model Kesetimbangan Langmuir

$$q_e = \frac{K_L \cdot q_{\max} \cdot C_e}{1 + K_L \cdot C_e} \quad (1)$$

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_{\max}} \cdot C_e + \frac{1}{K_L \cdot q_{\max}} \quad (2)$$

Model kesetimbangan Freundlich

$$q_e = K_F \cdot C_e^{\frac{1}{n}} \quad (3)$$

$$\log q_e = \log K_F + \frac{1}{n} \cdot \log C_e \quad (4)$$

Bahan Percobaan

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah lumpur geotermal yang didapat dari limbah Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Dieng, larutan NaOH 1,5N, aquades, dan resin kation Amberlite IR-120 Na.

Percobaan.

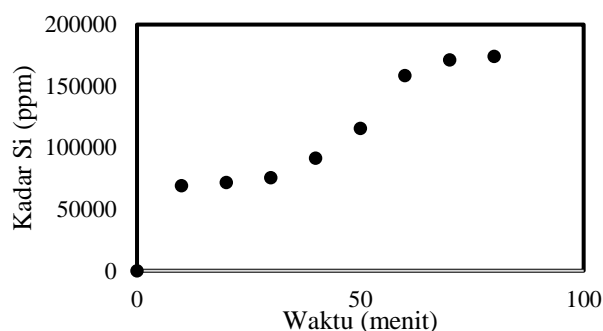
Ekstraksi dilakukan dengan memasukkan 25 gram lumpur geotermal kering ke dalam 500 ml larutan NaOH 1,5 N. Kondisi operasi dijaga pada suhu 80°C dan kecepatan pengadukan 350 rpm. Ekstraksi dilakukan selama 80 menit dengan mengambil 2ml sampel dalam rentang waktu 10 menit untuk dianalisis kadar silikanya menggunakan UV-Vis Spektrofotometri.

Untuk mempersiapkan adsorben, Amberlite IR-120 Na dicuci menggunakan aquadest secukupnya untuk menghilangkan pengotor yang masih menempel. Amberlite IR-120 Na dicuci menggunakan H₂SO₄ 6% secukupnya agar ion penukar yang menempel pada resin penukar ion terkonidiskan dalam bentuk H⁺. Amberlite IR-120 Na disaring menggunakan kertas saring dan dicuci menggunakan aquadest sampai pH netral. Kemudian didiamkan sampai mengering pada suhu ruangan.

Langkah langkah dalam penentuan kesetimbangan penjerapan yaitu dengan mengambil larutan hasil ekstraksi lumpur geotermal yang sudah dianalisis terlebih dahulu. Sebanyak 200 ml larutan untuk masing masing konsentrasi Na dimasukkan ke dalam labu leher tiga. Kemudian labu dimasukkan ke dalam *waterbath*. Amberlite IR-120 Na ditimbang dengan massa 20 gram dan dimasukkan perlahan ke dalam labu leher tiga. Kondisi proses dijaga pada suhu 45°C, kecepatan pengadukan 250 rpm, dan dijalankan selama 120 menit. Sebanyak 2 ml larutan diambil dari labu leher tiga untuk dianalisis menggunakan AAS.

Hasil dan Pembahasan

Hasil ekstraksi dapat dilihat pada Gambar 1. Semakin lama waktu ekstraksi maka semakin banyak silika yang terekstrak. Tetapi pada waktu 60 menit sampai 80 menit kadar silika yang terekstrak relatif sama. Hal ini disebabkan karena proses ekstraksi cenderung berhenti ataupun sudah mencapai kadar optimum silika yang dapat terekstrak.



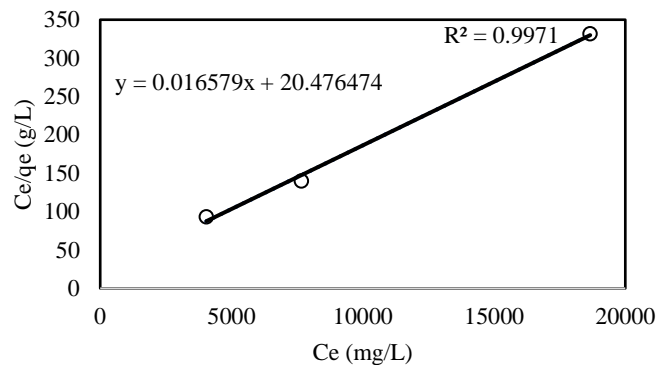
Gambar 1. Grafik hubungan antara waktu ekstraksi dengan kadar Silika

Hasil yang diperoleh dari percobaan kesetimbangan menunjukkan bahwa kadar Na yang terjerap oleh Amberlite IR-120 Na semakin meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi Na saat setimbang. Hubungan jumlah Na yang terjerap dengan konsentrasi Na saat setimbang diberikan dalam Tabel 1.

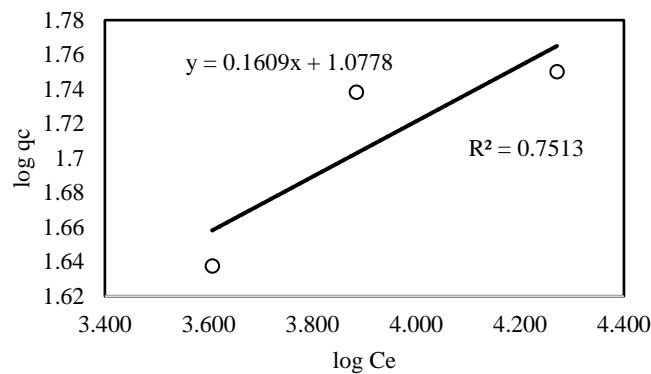
Tabel 1. Konsentrasi Na yang Terjerap untuk Berbagai Konsentrasi Na Saat Setimbang

C_0 (mg/L)	C_e (mg/L)	q_e (mg/g)
4045,496	43,401	93,211
7663,477	54,739	140,000
18661,852	56,256	331,733

Gambar 2 menunjukkan grafik antara data percobaan terhadap model kesetimbangan Langmuir dan Freundlich. Nilai dari R^2 untuk kesetimbangan yang didekati menggunakan model Langmuir dan Freundlich secara berurutan adalah 0,9971 dan 0,7513. Kedua model kesetimbangan memperlihatkan *fitting* yang baik terhadap data kesetimbangan.



(a)



(b)

Gambar 2. Plot linier data kesetimbangan penjerapan Na terhadap model kesetimbangan (a) Langmuir dan (b) Freundlich

Berdasarkan nilai R^2 yang diperoleh, kesetimbangan penjerapan Na menggunakan Amberlite IR-120 Na dalam percobaan ini lebih bisa didekati dengan model kesetimbangan Langmuir dibandingkan dengan model Freundlich karena nilai R^2 model Langmuir lebih besar dari pada model Freundlich. Hal ini sesuai dengan asumsi bahwa model Langmuir menganggap energi penjerapan pada permukaan merata (seragam) dan tidak terjadi perpindahan adsorbat pada bidang permukaan adsorben (Alguacil dkk., 2004). Model Langmuir ini juga menunjukkan resin kation Amberlite IR-120 Na mempunyai kapasitas penjerapan tertentu hal ini disebabkan lapisan yang terbentuk adalah monolayer dan permukaan adsorben menyediakan sisi untuk menjerap dalam jumlah tertentu.

Parameter yang diperoleh untuk kesetimbangan Langmuir dan Freundlich dapat dilihat pada Tabel 2. Pada model kesetimbangan Langmuir nilai K_L tergolong kecil untuk peristiwa penjerapan ini. Hal ini menunjukkan adanya penjerapan fisik tingkat rendah pada permukaan Amberlite IR-120 Na. Sedangkan nilai K_F yang besar pada



kesetimbangan Freundlich menunjukkan adanya interaksi kimia yang kuat antara Na dengan Amberlite IR-120 Na. Nilai n menunjukkan adanya ikatan kimia antara Amberlite IR-120 Na dengan natrium (Sahu dkk., 2010).

Tabel 2. Parameter Kesetimbangan Langmuir dan Freundlich untuk Penjerapan Na Menggunakan Amberlite IR-120

Langmuir			Freundlich		
K_L	q_{max}	R^2	K_F	n	R^2
0,00081	60,31727	0,9971	11,96190	6,21504	0,7513

Kesimpulan

Peningkatan kadar silika hasil ekstraksi dapat terjadi seiring dengan semakin lamanya waktu ekstraksi. Kadar optimum silika yang dapat dicapai dalam percobaan ini adalah 158673 ppm dalam waktu 60 menit dengan suhu ekstraksi 80°C. Konsentrasi Na yang terjerap semakin meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi Na saat setimbang. Penjerapan Na pada larutan hasil ekstraksi lumpur geotermal dapat didekati dengan model Langmuir dengan nilai K_L sebesar 0,00081 dan nilai q_{max} sebesar 60,31727 mg/g

Daftar Notasi

- C = konsentrasi [mg/L atau mmol/L atau mek/L]
 K_L = konstanta kesetimbangan Langmuir [$L \cdot mg^{-1}$]
 K_F = konstanta kesetimbangan Freundlich [$mg \cdot g^{-1} \cdot L^{1/n} \cdot mg^{-1-1/n}$]
 n = eksponen Freundlich
 q = jumlah terjerap per satuan berat adsorben [mg/g atau mmol/g atau mek/g]
 R^2 = *coefficient of determination*
 T = suhu [°C]

Daftar Pustaka

- Alguacil, F. J., Alonso, M., dan Lozano, L. J., 2004, "Chromium(III) Recovery from Waste Acid Solution Ion Exchange Processing Using Amberlite IR-120 Resin: Batch and Continuous Ion Exchange Modelling", *Chemosphere*, 57, 789–793
- El Latif, M. A., 2005, "Removal of Cupric Ions from Aqueous Solution Using Amberlite IR 120 Na Cation Exchange Resin in a Batch Stirred Tank Reactor", *Alex. Eng. J.*, 44 (6), 927–937
- Farhangi-Abriz, S., & Torabian, S. (2018). Nano-silicon alters antioxidant activities of soybean seedlings under salt toxicity. *Protoplasma*, 255(3), 953–962.
- Lee, I. H., Kuan, Y. C., dan Chern, J. M., 2007, "Equilibrium and Kinetics of Heavy Metal Ion Exchange", *J. Chin. Ins. Chem. Eng.*, 38, 71–84.
- Sahu, S. K., Meshram, P., Pandey, B. D., Kumar, V., dan Mankhand, T. R., 2010, "A Comparative Performance of Two Resins Based on Sulfonated Polystyrene for Removal of Chromium(III) from Tannery Solution", *EMMI*, 73–76
- Singare, P., Lokhande, R., dan Samant, N., 2009, "Studies of Uni-Univalent Ion Exchange Reactions Using Strongly Acidic Cation Exchange Resin Amberlite IR-120", *Nat. Sci.*, 1 (2), 124–128.
- Solihin, Mursito, A. T., Dida, E. N., Erlangga, B. D., & Widodo. (2017). Potential Application of Silica Mineral from Dieng Mountain in Agriculture Sector to Control the Release Rate of Fertilizer Elements. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 214(1)