



KAJIAN PENGARUH ASAM-BASA PADA AKTIVASI ZEOLIT DAN KARAKTERISASINYA SEBAGAI ADSORBEN PEWARNA BIRU METILENA

*Study of The Acid-Base Effect on Zeolite Activation and
Its Characterization as Adsorbent of Methylene Blue Dye*

Yulius Dala Ngapa *

Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan,
Universitas Flores
Jl. Sam Ratulangi Ende-Flores, Indonesia 86319

* Untuk korespondensi: Tel : 082260078253, e-mail: ydalangapa@gmail.com

Received: June 24, 2017

Accepted: August 31, 2017

Online Published: September 7, 2017

DOI : 10.20961/jkpk.v2i2.11904

ABSTRAK

Aktivasi merupakan salah satu proses yang banyak dilakukan untuk meningkatkan kualitas zeolit alam. Proses aktivasi pada zeolit akan merubah rasio Si/Al dan dapat meningkatkan terbentuknya rongga kosong sehingga kemampuan zeolit sebagai adsorben menjadi optimal. Pada penelitian ini, zeolit alam yang digunakan berasal dari kabupaten Ende, Nusa Tenggara Timur. Aktivasi zeolit alam Ende dilakukan secara kimia dengan menggunakan larutan HCl dan NaOH pada variasi konsentrasi yaitu 0,5 M; 1,5 M; dan 3,0 M. Selanjutnya zeolit yang telah diaktivasi digunakan untuk mengadsorpsi zat pewarna biru metilena. Berdasarkan hasil penelitian, aktivasi zeolit alam secara kimia dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi terhadap zat warna biru metilena. Nilai kapasitas adsorpsi zeolit alam Ende sebelum dan sesudah aktivasi berturut-turut adalah 17,289 mg/g dan 19,988 mg/g. Model Langmuir lebih sesuai untuk proses kesetimbangan adsorpsi isotermaal.

Kata kunci: zeolit, aktivasi, kapasitas adsorpsi, KTK

ABSTRACT

Activation is one of the processes by which are mostly done to improve the quality of natural zeolite. Activation process by zeolite will change the ratio of the Si/Al and can increase the formation of empty cavities so that the capability of zeolite as an adsorbent be optimal. In this research, natural zeolite from the district of Ende, Nusa Tenggara Timur. Activation Ende natural zeolite done chemically using HCl and NaOH solution, with variations concentrate 0,5 M; 1,5 M; and 3,0 M. Next, zeolite which has activated used to adsorb dye methylene blue. Based on the research results, chemically of activation from natural zeolite can increase the adsorption capacity to substance methylene blue. The adsorption capacity in the Ende natural and after activation is 17,289 mg/g and 19,98 mg/g respectively. The Langmuir model most closely matched the isothermal adsorption of equilibrium process.

Keywords: zeolite, activation, adsorption capacity, CEC

PENDAHULUAN

Inovasi penelitian yang saat ini dikembangkan di Indonesia adalah memanfaatkan sumber daya alam yang ketersediaannya melimpah sehingga dapat memberikan kontribusi penting terhadap pengembangan material aplikatif sebagai upaya dalam memajukan ilmu pengetahuan dan teknologi. Salah satu mineral yang ketersediaannya di Indonesia dalam jumlah yang besar adalah zeolit [1]. Zeolit merupakan mineral dengan gugusan alumina silika yang bertaut silang melalui pengikatan atom oksigen dengan struktur $(Al,Si)O_4$ tetrahedral yang terhidrasi logam alkali dan alkali tanah [2]. Lokasi zeolit alam dapat dijumpai di daerah yang secara geografis terletak pada jalur pegunungan vulkanik seperti pulau Sumatera, Jawa, dan Nusa Tenggara Timur [3].

Data dari Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral mencantumkan bahwa cadangan zeolit alam yang terdapat di kabupaten Ende, Nusa Tenggara Timur sekitar 6.115.000 ton [4]. Meskipun cadangan zeolit di daerah ini cukup besar namun tidak diikuti oleh pemanfaatan yang maksimal. Oleh karena itu, upaya peningkatan potensi zeolit alam perlu dikembangkan dengan baik sehingga aplikasinya lebih bervariasi untuk keperluan dalam bidang lingkungan, industri, dan pertanian.

Secara umum, kualitas dan potensi zeolit dapat ditingkatkan melalui proses aktivasi. Selain untuk menghilangkan unsur pengotor, proses aktivasi zeolitpun dapat merubah rasio Si/Al sehingga karakteristik zeolit sesuai dengan bahan yang akan

diadsorpsi [5]. Aktivasi dapat dilakukan secara fisika dan kimia. Proses aktivasi fisika dapat dilakukan dengan kalsinasi zeolit alam pada suhu $600^{\circ}C$. Aktivasi zeolit alam secara kimia dilakukan dengan senyawa asam (HCl) dan basa (NaOH) pada berbagai konsentrasi [6].

Industri tekstil di Indonesia telah berkembang dengan pesat. Kemajuan industri ini dapat meningkatkan perekonomian bangsa, namun banyaknya penggunaan zat pewarna pada proses pencelupan akan menghasilkan polutan yang menjadi sumber utama pencemaran lingkungan salah satunya pencemaran air. Zat pewarna tekstil umumnya merupakan turunan benzena seperti metil merah, metil jingga, dan biru metilena [7]. Permasalahan limbah yang berwarna memerlukan penanganan yang tepat. Pengelolaan limbah pewarna dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya dengan metode adsorpsi. Metode adsorpsi merupakan alternatif yang lebih menarik dan baik karena merupakan proses yang sederhana dan efektif dalam penanganan limbah yang disebabkan oleh pewarna [8].

Proses adsorpsi melibatkan adanya interaksi yang efektif antara analit dengan permukaan adsorben. Interaksi biru metilena dalam air akan menghasilkan ion biru metilena yang bermuatan positif. Penggunaan zeolit dalam mengimobilisasi zat warna dari limbah telah memenuhi kriteria sebagai adsorben, antara lain: mudah didapatkan, tidak larut dalam analit (zat cair) yang diadsorpsi, luas permukaan besar, dan memiliki muatan yang berlawanan dengan analit sehingga daya serapnya besar [9].

Perlakuan aktivasi terhadap zeolit alam dilakukan agar mempunyai kemampuan adsorpsi yang tinggi. Pilihan proses aktivasi yang dipilih dalam penelitian ini adalah aktivasi secara kimia. Selanjutnya dilakukan uji adsorpsi zeolit alam yang telah diaktivasi pada berbagai konsentrasi HCl dan NaOH terhadap pewarna biru metilena. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi HCl dan NaOH pada aktivasi zeolit alam Ende terhadap kemampuan zeolit sebagai adsorben zat pewarna biru metilena.

METODE PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah pewarna biru metilena, NaOH (Merck) dan HCl (p.a), serta adsorben zeolit yang berasal dari kabupaten Ende-NTT. Kapasitas adsorpsi zeolit alam Ende terhadap zat warna biru metilena diukur dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis Shimadzu 1700, kandungan logam Fe yang terlarut pada proses aktivasi diukur dengan SSA (Spektrofotometer Serapan Atom) Shimadzu AA-7000.

1. Preparasi Sampel Zeolit Alam

Sampel zeolit alam diubah ukurannya menjadi serbuk halus dengan ukuran 200 mesh, dicuci dengan akuades, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C, dan disimpan dalam desikator untuk pemakaian selanjutnya.

2. Aktivasi Zeolit Alam

50 gram zeolit alam dimasukkan ke dalam larutan HCl dan NaOH pada konsentrasi 0,5 M; 1,5 M; dan 3,0 M.

campuran diaduk dengan pengaduk magnet selama 3 jam, kemudian dibilas dengan akuades sampai pH netral dan dikeringkan dalam tanur pada suhu 300°C.

3. Penentuan Kapasitas Adsorpsi

0,2 gram sampel zeolit dicampurkan dengan 15 mL larutan biru metilena, kemudian dishaker selama 1 jam dan disentrifuse pada kecepatan 3500 rpm selama 15 menit. Filtrat diukur pada panjang gelombang maksimum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Preparasi Sampel Zeolit Alam

Penelitian ini diawali dengan preparasi sampel zeolit alam yang berasal dari kabupaten Ende provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT). Preparasi awal dilakukan dengan menggiling zeolit hingga dihasilkan serbuk halus yang lolos ayakan 200 mesh. Penggilingan ini bertujuan untuk menghomogenkan ukuran dan memperbesar luas permukaan kontak sehingga kemampuan zeolit sebagai adsorben dapat lebih maksimal [10]. Proses pencucian dan pemanasan yang dilakukan pada tahap preparasi ini bertujuan untuk menghilangkan pengotor dan menguapkan uap air yang terperap dalam pori zeolit sehingga keaktifan zeolit meningkat disebabkan karena terbukanya pori-pori zeolit.

2. Hasil Aktivasi Zeolit Alam

Aktivasi zeolit alam dilakukan dengan menggunakan HCl dan NaOH. Perlakuan asam (HCl) bertujuan untuk melarutkan dan menghilangkan oksida-oksida logam yang terperap dan menutupi permukaan zeolit

sehingga lebih porous dan permukaan bidang kontak menjadi lebih besar, sedangkan perlakuan basa (NaOH) akan menghasilkan pembentukan senyawa silikat sehingga permukaan zeolit akan berubah menjadi lebih negatif. Permukaan luas bidang kontak yang semakin besar dan pembentukan muatan permukaan zeolit yang lebih negatif akan memaksimalkan cara kerja zeolit sebagai adsorben zat warna biru metilena [11].

Variasi konsentrasi HCL dan NaOH 0,5 M; 1,5 M; dan 3,0 M yang digunakan pada proses aktivasi bertujuan untuk mendapatkan hasil aktivasi terbaik serta dapat mengetahui ketahanan struktur zeolit terhadap senyawa asam dan basa. Zeolit alam relatif stabil disebabkan struktur yang banyak mengandung oksida logam ikut berperan dalam mempertahankan struktur dasar zeolit.

Salah satu oksida logam yang keberadaannya cukup besar dalam struktur zeolit alam Ende adalah besi (Fe). Hal ini dibuktikan dengan hasil pengukuran kandungan besi terlarut dalam HCl dan NaOH pada konsentrasi 3,0 M setelah proses aktivasi. Besarnya kandungan Fe terlarut dalam proses aktivasi zeolit menggunakan larutan asam sebesar 3100,221 mg/L dan pada larutan basa sebesar 7,724 mg/L.

3. Kapasitas Adsorpsi

Penentuan kapasitas adsorpsi dilakukan untuk mengetahui daya adsorpsi zeolit alam Ende terhadap pewarna biru metilena. Nilai kapasitas adsorpsi meningkat setelah dilakukan aktivasi secara kimia terhadap

zeolit alam. Kapasitas adsorpsi dihitung dengan persamaan:

$$q_e = \frac{V(C_o - C_e)}{m}$$

keterangan : q_e = kapasitas adsorpsi/ion pewarna biru metilena yang teradsorpsi (mg/g); V = volume larutan (L); C_o = konsentrasi awal ion biru metilena (mg/L); C_e = konsentrasi ion biru metilena dalam larutan pada saat kesetimbangan (mg/L); m = massa zeolit (g).

Hasil kapasitas adsorpsi sebelum dan sesudah diaktivasi dengan senyawa asam dan basa pada berbagai konsentrasi ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kapasitas adsorpsi zeolit alam

	Kapasitas Adsorpsi aktivasi HCl (mg/g)		Kapasitas Adsorpsi aktivasi basa (mg/g)
HCl 0,5 M	18,385	NaOH 0,5 M	19,789
HCl 1,5 M	18,419	NaOH 1,5 M	19,858
HCl 3,0 M	18,385	NaOH 3,0 M	19,988

Proses aktivasi terhadap zeolit alam mampu meningkatkan kapasitas adsorpsi. Adanya kenaikan nilai kapasitas adsorpsi zeolit alam terhadap pewarna biru metilena disebabkan perlakuan tersebut telah membersihkan rongga pori zeolit dari molekul air dan oksida-oksida logam yang dianggap sebagai pengotor. Rongga-rongga kosong yang terbentuk pada permukaan zeolit dapat memperbesar permukaan aktif sehingga kemampuan adsorpsi menjadi lebih besar [12].

Aktivasi dengan asam (HCl) menunjukkan nilai kapasitas adsorpsi yang sedikit lebih kecil dibandingkan dengan aktivasi basa (NaOH) pada konsentrasi yang

sama. Hal ini disebabkan asam akan melarutkan aluminium sehingga permukaan zeolit mengalami proses dealuminasi yang menyebabkan struktur zeolit menjadi kurang negatif.

Pengaruh aktivasi basa (NaOH) menyebabkan nilai kapasitas adsorpsi lebih besar disebabkan oleh ion Na^+ basa berperan penting dalam melarutkan Si untuk membentuk natrium silikat sehingga struktur zeolit menjadi lebih negatif [13]. Sifat zeolit yang demikian akan bersinergi dalam menghilangkan pewarna biru metilena melalui proses adsorpsi

Perbandingan kapasitas adsorpsi zeolit alam Ende terhadap biru metilena dari beberapa negara yang telah dilaporkan dapat dilihat pada tabel 2.

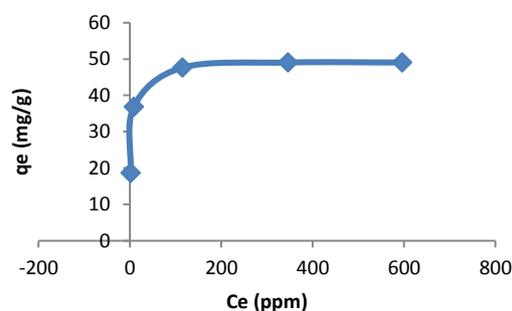
Tabel 2. Kapasitas adsorpsi zeolit alam Ende dan beberapa negara terhadap biru metilena

Asal zeolit	Kapasitas adsorpsi (mg/g)	Literatur
Ende	19,98	Penelitian
Cina	19,94	14
Iran	20,21	15
Australia	20,15	16

4. Isoterm Adsorpsi

Penentuan isoterm adsorpsi bertujuan untuk menentukan hubungan antara konsentrasi adsorbat dan tingkat penyerapannya ke permukaan adsorben (zeolit). Kenaikan konsentrasi awal biru metilena seiring dengan kenaikan jumlah zat yang teradsorpsi. Semakin tinggi konsentrasi adsorbat menyebabkan jumlah biru metilena yang teradsorpsi semakin banyak.

Kesetimbangan isoterm adsorpsi biru metilena pada suhu kamar ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Isoterm adsorpsi biru metilena pada konsentrasi 250 mg/L – 1250 mg/L dengan bobot adsorben 0.2 gram.

Data percobaan isoterm adsorpsi zat warna biru metilena Ende dianalisis dengan dua model isoterm adsorpsi yaitu model Langmuir dan Freundlich. Isotermal Langmuir berdasarkan adsorpsi monolayer pada sisi aktif adsorben yang homogen, sebaliknya isoterm Freundlich menggambarkan adsorpsi pada permukaan multilayer (heterogen) dengan energi adsorpsi seragam.

Berdasarkan persamaan isoterm Langmuir dan Freundlich maka nilai parameter isoterm q_m , K_f , n , dan R^2 dapat ditentukan dari kemiringan dan intersep. Hasil perhitungan nilai parameter isothermal disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich

	Parameter Langmuir	Parameter Freundlich	
q_m	50	K_f	21,57
R^2	1,000	R^2	0,843
b	0,36	n	0,145
RL	0,011		

Pada adsorpsi zat biru metilena dengan zeolit alam Ende menunjukkan nilai korelasi model Langmuir lebih besar dibandingkan model Freundlich, menunjukkan bahwa proses adsorpsi didominasi adsorpsi monolayer. Isoterm Langmuir menggambarkan adsorpsi kimia pada satu sisi aktif dimana sekali molekul menempati sebuah sisi aktif maka tidak akan terjadi penyerapan lebih lanjut [17].

Parameter lain yang dapat digunakan untuk menentukan proses adsorpsi adalah RL, yang merupakan parameter kesetimbangan atau dimensi adsorpsi. Jika $RL > 1$ menggambarkan adsorpsi yang kurang baik, $RL = 1$ proses adsorpsi linier, $0 < RL < 1$ proses adsorpsi yang menguntungkan dan $RL = 0$ proses adsorpsi tidak dapat balik (*irreversible*). Pada Tabel 5 nilai RL pada zeolit alam Ende berada pada rentang $0 < RL < 1$ yang menunjukkan proses adsorpsi terhadap biru metilena adalah menguntungkan mendekati adsorpsi *irreversible* yang cocok digunakan sebagai adsorben [18].

KESIMPULAN

Metode aktivasi zeolit alam Ende-NTT dapat dilakukan dengan menggunakan asam (HCl) dan basa (NaOH). Proses aktivasi akan mempengaruhi kemampuan adsorpsi zeolit terhadap pewarna biru metilena. Berdasarkan hasil analisis optimalisasi aktivasi zeolit diketahui bahwa konsentrasi optimum HCl dan NaOH yang dapat digunakan untuk proses aktivasi zeolit alam Ende adalah 3,0 M. hasil ini didukung oleh kemampuan adsorpsi zeolit yang semakin besar ketika

konsentrasi HCl dan NaOH dinaikkan berturut-turut dari 0,5 M; 1,5 M; dan 3,0 M. Adsorpsi pewarna biru metilena oleh zeolit mengikuti isoterm Langmuir.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Razzak, M. Las, T. and Priyambodo., 2013, *Valensi.*, 3(2), 129-137.
- [2] Gougazeh, M. Buhl, J.C., 2014, *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Science.*, 15, 35-42.
- [3] Wustoni, S. Mukti, R.R. Wahyudi, A. and Ismunandari., 2011, *Jurnal Matematika dan Sains.*, 16(3), 34-41.
- [4] Arryanto, Y. Suwardi. Husaini. Affandi, T. Amini, S. Al-Jabri, M. Siagian, P. Setyorini, D. Rahman, A. and Pujiastuti, Y., *Zeolit dan Masa Depan Bangsa.*, Imperium Pr, Yogyakarta (ID), 2012.
- [5] Kurniasari, L. Djaeni, M. and Purbasari, A., 2011, *Reaktor.*, 13(3), 178-184.
- [6] Djaeni, M. Kurniasari L. Purbasari, A. and Sasongko, S., 2010, *Proceeding of the 1st International Conference on Materials Engineering.*, November 25-26, Yogyakarta.
- [7] Widjajanti, E. Tutik, R. and Utomo, M.P., 2011, *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA.*
- [8] Stancovik, V. Dragana, B. Milan. G. and Bogdanovic., 2009, *Chemical Industry and Chemichal Engineering Quarterly.*, 15, 237-249.
- [9] Wang, S. and Peng, Y., 2010, *Chemical Engeneering Journal.*, 156, 11-24.
- [10] Kim, K. and Ahn, H., 2011, *Microporous and Mesoporous Materials.*, 152, 78-83.
- [11] Wang, X. Ozdemir, O. Hampton, M. Nguyen, A. V. and Duong, D., 2012, *Water Research.*, 46(16), 5247-5254.

- [12] Alshameri, A. Yan, C. Al-ani, Y. Dawood, S. Ibrahim, A. Zhou, C. and Wanga, H., 2014, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers.*, 45(2), 554-564.
- [13] Johnson, E. and Arshad, S., 2014, *Applied Clay Science.*, 98, 215-221.
- [14] Han, R. Zhang, J. Han, P. Wang, Y. Zhao, Z. Tang, M., 2009, *Chemical Engineering Journal.*, 145, 496-504.
- [15] Jafari-zare. and Habibi-yangjeh, F., 2010, *China Journal Chemistry.*, 28, 349-356.
- [16] Wang, S. and Zhu, Z., 2006, *Journal of Hazardous.*, 136, 946-952.
- [17] Rasaouli, M. Yaghobi, N, and Hafezi, M., 2012, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry.*, 18, 1970-1976.
- [18] Auta, M. and Hameed, B., 2013, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry.*, 19(4), 1153-1161.