

PENGARUH AKTIVASI SECARA KIMIA MENGGUNAKAN LARUTAN ASAM DAN BASA TERHADAP KARAKTERISTIK ZEOLIT ALAM

THE EFFECT OF CHEMICAL ACTIVATION BY USING ACID AND BASE SOLUTION ON NATURAL ZEOLITE CHARACTERISTICS

Muhammad Al Muttaqii^{1*}, David Candra Birawidha¹, Kusno Isnugroho¹, Muhammad Amin¹, Yusup hendronursito¹, Amila Dini Istiqomah², Diego Putra Dewangga²

¹Balai Penelitian Teknologi Mineral, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Tanjung Bintang-Lampung Selatan, 35361, Indonesia

²Jurusan Teknik kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

*Email: almuttaqiimuhammad@gmail.com

Diterima : 02-10-2019

Direvisi : 28-11-2019

Disetujui : 03-12-2019

ABSTRAK

Zeolit alam merupakan batuan mineral yang banyak terdapat di Indonesia. Zeolit alam merupakan kristal aluminosilikat yang memiliki banyak kegunaan dalam bidang industri, agrikultura, dan pengolahan air limbah. Salah satu proses untuk meningkatkan kualitas dari zeolit alam adalah melalui proses aktivasi. Tujuan penelitian ini adalah melihat pengaruh aktivasi secara kimia menggunakan larutan asam klorida dan natrium hidroksida sehingga mampu meningkatkan aktivitas dari zeolit alam tersebut. Aktivasi zeolit alam dilakukan secara kimia dengan menggunakan larutan HCl dan NaOH pada variasi konsentrasi 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 M. Selanjutnya zeolit tersebut dianalisa menggunakan XRD dan XRF. Hasil XRD menunjukkan fase utama dari zeolit alam adalah mordenite. Sedangkan hasil XRF menunjukkan senyawa silika (SiO₂) dengan perlakuan asam (HCl) berada dikisaran 75-76% sedangkan dengan perlakuan basa (NaOH) berada dikisaran 72-73%. Proses perlakuan asam pada zeolit alam menyebabkan terjadinya penurunan kandungan Ca dan Mg pada zeolit.

Kata kunci : Aktivasi, HCl, NaOH, Silika, Zeolit alam

ABSTRACT

Natural zeolite is a mineral rocks which are common in Indonesia. Natural zeolite is a crystalline aluminosilicate which has been used in many fields of industry, agriculture, and waste water treatment. The activation process will be able to increase the activity of the natural zeolite. The activation of natural zeolite was done by using chloride acid (HCl) and sodium hydroxide (NaOH) solutions at various concentration of 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 M. The natural zeolites activation was analyzed by using XRD and XRF. Based on the XRD results, the main content of natural zeolite is mordenite. Based on the results of XRF showed silica (SiO₂) compounds with acid treatment (HCl) in the range of 75-76%, while those with base treatment (NaOH) were in the range of 72-73%. The process of acid treatment in natural zeolites causes the decrease of Ca and Mg content in the natural zeolite.

Keywords : Activation, HCL, NaOH, Natural zeolite, Silica

PENDAHULUAN

Z eolit alam merupakan mineral yang terdiri dari Kristal alumino silikat. Struktur zeolit terdiri dari AlO_4 dan SiO_4 . Rumus kimia zeolit secara empiris ditunjukkan sebagai berikut $M_{x/n} \cdot [(AlO_2)_x \cdot (SiO_2)_y] \cdot wH_2O$, dimana notasi M adalah kation logam alkali atau alkali tanah, x, y, dan w adalah bilangan-bilangan tertentu sedangkan n adalah muatan dari ion logam (Bekkum, 1991). Zeolit juga mempunyai struktur mikroporous sehingga dapat menyediakan tempat yang besar untuk terjadinya reaksi serta memungkinkan reaksi dapat berlangsung pada tekanan yang lebih tinggi. Rasio Si/Al yang cukup tinggi pada zeolit menyebabkan zeolit bersifat hidrofobik organofilik yang akan mendukung proses difusi reaktan. Dimensi molekular zeolit juga menyebabkan zeolit selektif terhadap reaktan, produk, serta keadaan transisi. Zeolit alam terbentuk karena adanya perubahan alam (zeolitisasi) dari bahan vulkanik dan dapat digunakan secara langsung (Hamdan, 1992).

Aplikasi penggunaan zeolit sangat banyak seperti pada industri, agrikultura, dan pengolahan air limbah. Dalam bidang industri, zeolit digunakan sebagai adsorben, katalis, dan penghilang logam berat (Al Muttaqii, *et al.*, 2019). Oleh karena itu upaya peningkatan potensi zeolit alam perlu dikembangkan dengan baik sehingga aplikasinya bisa lebih bervariasi untuk keperluan dalam bidang lingkungan, industri, dan pertanian. Hingga saat ini, zeolit alam terus diupayakan pemanfaatannya pada berbagai bidang. Zeolit alam dapat mengandung lebih dari 50 mineral yang berbeda (Gaydardjief, *et al.*, 2001). Menurut Tsitsishvili, *et al.*, (1992) berbagai jenis mineral zeolit yang umum terdapat di alam diantaranya mordenite, clinoptilolite, phillipsite, chabazite. Sedangkan menurut Demir, *et al.*, (2002) clinoptilolite merupakan salah satu jenis mineral zeolit alam yang biasa digunakan untuk mengurangi logam berat dalam larutan.

Zeolit alam mempunyai cukup banyak pori yaitu sekitar 30% lebih dari volumenya dan banyak bercampur dengan materi pengotor (*impurities*) selain zeolit, oleh karena itu zeolit alam perlu diaktivasi dan dimodifikasi guna meningkatkan aktivitasnya. Melalui proses aktivasi, unsur pengotor dapat dihilangkan dan merubah rasio Si/Al. Proses aktivasi bisa dilakukan dengan cara pemanasan, penambahan asam maupun basa (Djaeni, *et al.*, 2010). Aktivasi secara fisik dilakukan dengan cara pengecilan ukuran butir, pengayakan dan pemanasan pada suhu tinggi yang bertujuan untuk menghilangkan pengotor-pengotor organik, memperbesar ukuran pori dan memperluas permukaan. Proses aktivasi fisika dapat dilakukan dengan kalsinasi zeolit alam pada suhu 600 °C. Aktivasi secara kimia dapat dilakukan dengan menggunakan larutan asam klorida (HCl) atau asam sulfat (H_2SO_4), maupun larutan natrium hidroksida (NaOH) yang bertujuan untuk membersihkan permukaan pori, menghilangkan senyawa pengotor (Ambarwati, 2005). Menurut Suriawan dan Nindhia (2010), penambahan asam akan memperbesar porositas sehingga keaktifan zeolit meningkat.

Pada penelitian ini akan dilakukan pengaruh aktivasi secara kimia menggunakan larutan asam klorida (HCl) dan natrium hidroksida (NaOH) agar sejumlah kelemahan dari zeolit alam dapat diatasi seperti mengandung banyak pengotor, komposisi yang beragam dan kristalinitasnya yang kurang baik.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan dalam percobaan ini adalah zeolit alam yang berasal dari Bandung. Natrium hidroksida (NaOH) dan asam klorida (HCl) dari Merck.

Preparasi Zeolit Alam

Zeolit alam digerus dan diayak. Kemudian aquades ditambahkan kedalam zeolit yang telah diayak dan distirrer selama 24 jam pada suhu ruang. Zeolit yang telah direndam kemudian

di oven pada suhu 110 °C hingga kering. Zeolit dikeluarkan dari oven untuk ditumbuk dan diayak.

Aktivasi Zeolit Alam

Sebanyak 13 gr zeolit alam ditambahkan dengan 100 mL larutan asam/basa sesuai variable konsentrasi yang telah ditentukan yaitu 0.5, 1, 1.5, 2, dan 2.5 M. Kemudian distirrer selama 2 jam. Zeolit alam kemudian dibilas dengan aquades, disaring dan di oven pada suhu 110 °C hingga kering. Zeolit alam kemudian dikalsinasi selama 3 jam pada suhu 500 °C.

Karakterisasi Zeolit Alam

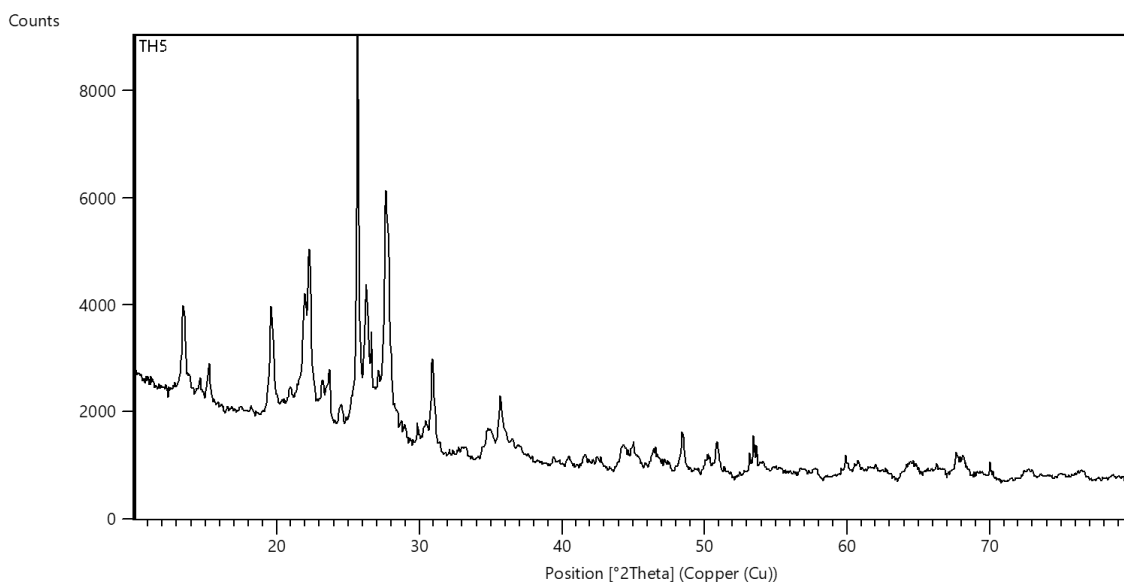
Zeolit alam yang telah diaktivasi kemudian dianalisa menggunakan XRD (PANalytical X'Pert³) untuk melihat struktur kristalinitas dari zeolit alam. Sedangkan komposisi kimia zeolit alam yang telah diaktivasi dianalisa menggunakan XRF (Epsilon^{3XLE}).

HASIL DAN PEMBAHASAN

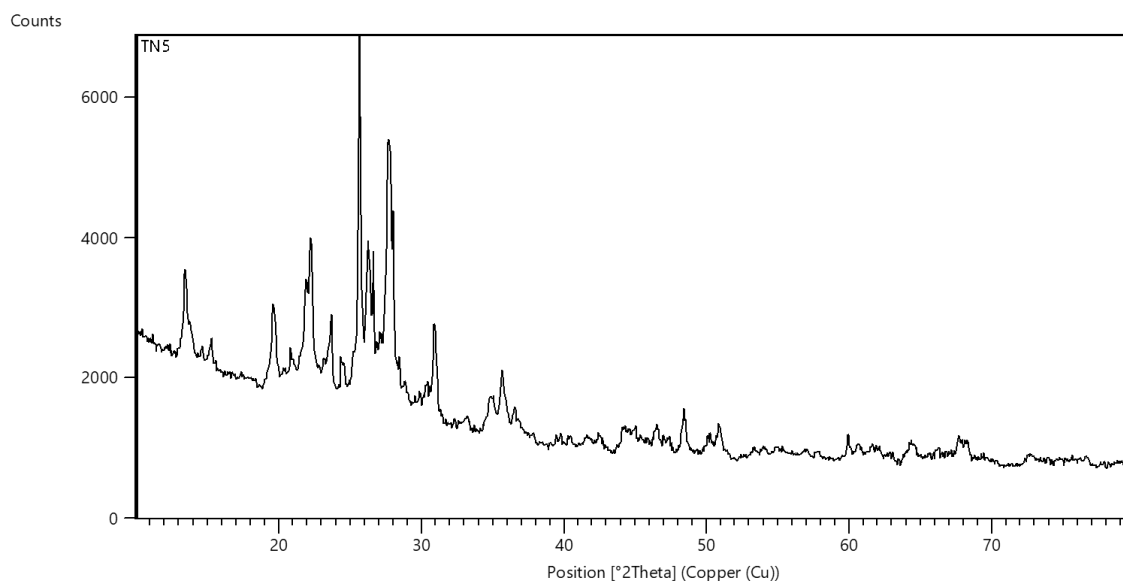
Hasil Pengujian XRD

Hasil pengujian XRD zeolit alam yang diaktivasi asam (HCl) dan basa (NaOH) ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2. Gambar 1 menunjukkan, komposisi mineral zeolit alam yang diaktivasi asam klorida (HCl) terdiri dari Mordenite($Al_2Si_{10}O_{24} \cdot 7H_2O$), Cristobalite (SiO_2), Trydimite (SiO_2), dan Moganite (SiO_2). Sedangkan pada Gambar 2 menunjukkan komposisi mineral zeolit alam yang diaktivasi dengan natrium hidroksida terdiri dari Mordenite($Al_2Si_{10}O_{24} \cdot 7H_2O$), Quartz (SiO_2), Cristobalite (SiO_2), dan Sanidine($K(AlSi_3O_8)$).

Berdasarkan hasil pengujian XRD dengan aktivasi kimia (asam/basa) akan diperoleh struktur mineral modernit. Modernit merupakan kelompok zeolit yang termasuk ke dalam zeolit mikropori dengan struktur kristal orthorombik dengan saluran-saluran terbuka yang memungkinkan air dan ion-ion berukuran besar keluar dan masuk melalui saluran tersebut. Berdasarkan sifatnya ini, zeolit bisa digunakan sebagai media adsorben. Sifat zeolit ini sama halnya dengan zeolit alam malang, zeolit alam gunung kidul karena memiliki struktur mordenit (Mazloomi, *et al.*, 2015).



Gambar 1. Difraktogram zeolit alam yang diaktivasi asam klorida (HCl)



Gambar 2. Difraktogram zeolit alam yang diaktivasi basa (NaOH)

Hasil Pengujian XRF

Pengujian XRF bertujuan untuk melihat komposisi kimia yang terkandung didalam zeolit dengan menggunakan metode spektrometri. Tabel menunjukkan hasil pengujian XRF masing-masing zeolit yang telah teraktivasi.

Tabel 1. Komposisi zeolit alam hasil pengujian XRF

Zeolit Alam setelah aktivasi	Konsentrasi (M)	Jenis Mineral (%)							
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃
HCl	0.5	75.297	10.959	0.337	0.875	3.770	4.130	0.524	3.762
HCl	1	75.475	11.029	0.270	0.874	3.486	4.336	0.460	3.397
HCl	1.5	74.737	11.010	0.323	0.871	4.124	4.181	0.521	3.892
HCl	2	75.917	11.327	0.411	0.775	3.475	3.743	0.502	3.568
HCl	2.5	75.628	11.124	0.336	0.827	3.520	3.975	0.503	3.590
NaOH	0.5	72.410	10.884	0.392	0.919	4.364	5.423	0.570	4.633
NaOH	1	72.682	11.079	0.385	0.914	4.112	5.274	0.571	4.554
NaOH	1.5	72.334	11.229	0.406	0.927	4.118	5.294	0.589	4.660
NaOH	2	72.523	11.324	0.384	0.910	4.226	5.186	0.557	4.498
NaOH	2.5	72.159	11.416	0.366	0.952	4.021	5.451	0.590	4.618

Adanya penambahan larutan asam klorida (HCl) kedalam zeolit alam bertujuan untuk melarutkan dan menghilangkan oksida-oksida logam yang menutupi permukaan zeolit dan terjerap didalamnya sehingga mengakibatkan permukaan bidang kontak lebih besar dan lebih porous. Sedangkan penambahan larutan basa natrium hidroksida (NaOH) mengakibatkan pembentukan senyawa silikat dan menyebabkan permukaan zeolit berubah menjadi lebih negatif (Wang, *et al.*, 2012). Aktivasi yang dilakukan secara kimiawi dengan asam atau basa bertujuan untuk membersihkan pori, membuang senyawa pengotor, dan mengatur kembali tata letak atom yang dipertukarkan. Tabel 1 menunjukkan, senyawa silika (SiO₂) dengan perlakuan asam (HCl) berada dikisaran 75-76% sedangkan dengan perlakuan basa (NaOH) berada dikisaran 72-73%. Proses perlakuan asam pada zeolit alam menyebabkan terjadinya

penurunan kandungan Ca dan Mg pada zeolit. Perlakuan dengan asam terhadap zeolit juga terbukti akan menyebabkan zeolit menjadi lebih hidrofob sehingga daya adsorpsinya terhadap air akan berkurang (Sumin, *et al.*, 2009). Sedangkan aktivasi dengan basa menggunakan larutan NaOH, penurunan rasio Si/Al akan terjadi pada aktivasi dengan pH tinggi. Dari proses aktivasi zeolit alam baik secara asam maupun basa, diperoleh hasil bahwa zeolit yang diaktivasi dengan basa akan menjadi lebih polar dibandingkan dengan zeolit yang diaktivasi dengan basa (Jozefaciuk dan Bowanko., 2002).

Aktivasi secara kimia dengan perlakuan asam bertujuan agar terjadi proses dealuminasi sehingga daya adsorpsi zeolit terhadap air berkurang karena bersifat hidrofobik (Sumin, *et al.*, 2009). Dealuminasi dan dekationisasi ini terjadi karena HCl bereaksi dengan alumina membentuk $AlCl_3$ dan MCl_n . Tujuan dealuminasi adalah untuk mengoptimalkan kandungan aluminium pada zeolit sehingga zeolit memiliki selektivitas, mengontrol keasaman, dan menjadi lebih stabil pada temperature tinggi. Dealuminasi merupakan proses perusakan struktur kerangka zeolit dimana terjadi pemutusan Al dalam kerangka (Al *framework*) menjadi Al luar kerangka (Al *non-framework*) yang mengakibatkan rasio Si/Al semakin meningkat. Zeolit alam memiliki struktur yang tidak selalu sama tergantung kondisi pembentukannya di alam dan ini berbeda dengan zeolit sintesis dimana strukturnya dapat diprediksi dari senyawa penyusunnya. Proses aktivasi zeolit diperlukan untuk meningkatkan sifat khusus zeolit dan menghilangkan unsur pengotor yang terkandung didalam zeolit alam (Kurniasari, *et al.*, 2011).

KESIMPULAN

Berdasarkan proses aktivasi kimia terhadap zeolit alam yang diaktivasi asam klorida (HCl) menghasilkan fase mineral yang terdiri dari Mordenite ($Al_2Si_{10}O_{24} \cdot 7H_2O$), Cristobalite (SiO_2), Trydimite (SiO_2), dan Moganite (SiO_2), dibandingkan dengan aktivasi menggunakan natrium hidroksida (NaOH) menghasilkan fase mineral yang terdiri dari Mordenite ($Al_2Si_{10}O_{24} \cdot 7H_2O$), Quartz (SiO_2), Cristobalite (SiO_2), dan Sanidine ($K(AlSi_3O_8)$). Mineral yang paling banyak terdapat di zeolit alam yaitu mordenite, yang cocok digunakan sebagai media adsorben. Selain itu, senyawa alumina sebesar 10-11% dan silika 72-76% merupakan komponen terbesar penyusun zeolit alam.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih pada Pimpinan Balai Penelitian Teknologi Mineral–Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (BPTM-LIPI) yang telah memberikan izin tempat, waktu dan sarana prasarana kepada peneliti dalam melakukan penelitian sehingga berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Muttaqii, M., Kurniawansyah, F., Prajitno, D.H., & Roesyadi, A. 2019. Bio-Kerosene and bio-gasoil from coconut oils via hydrocracking process over Ni-Fe/HZSM-5 Catalyst, *Bulletin Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, 14 (2): 309-319
- Ambarwati, S. 2005. Adsorpsi Pewarna Naftol dengan Zeolit sebagai Adsorben, Skripsi, *Jurdik Kimia*, FMIPA, UNY
- Bekum H., Flanigen, E.M., & Jansen, J.C. 1991. Introduction to zeolite science and practice, *Elsevier*, Amsterdam
- Demir, A., Gunay, A., & Debik, E. 2002. Ammonium Removal from Aqueous Solution by Using Packed Bed Natural Zeolite, *Water*, 28: 3
- Djaeni, M. Kurniasari L. Purbasari, A., & Sasongko, S. 2010. *Proceeding of the 1st International Conference on Materials Engineering.*, November 25- 26, Yogyakarta
- Gaydardjief, S., Lambert, Ch., & Frenay, J. 2001. *Acta Metallurgica Slovaca*, 4 (4) : 51-57

- Hamdan, H. 1992. Introduction to Zeolites: Synthesis, Characterization, and Modification, *Universiti Teknologi Malaysia*, Kualalumpur
- Kurniasari, L. Djaeni, M., &Purbasari, A. 2011. Aktivasi Zeolit Alam Sebagai Adsorben Pada Alat Pengering Bersuhu Rendah, *Jurnal Reaktor*, 13(3) : 178-184.
- Mazloomi, F., Jalali, M. 2015. Ammonium Removal from Aqueous Solutions by Natural Iranian Zeolite in the Presence of Organic Acids, Cations and Anions, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 4 : 240-249
- Sumin, L., Youguang, M.A., Chunying, Z., Shuhua, S., & Qing, H.E. 2009. The Effect of Hydrophobic Modification of Zeolites on CO₂ Absorption Enhancement, *Chinese Journal of Chemical Clays and Clay Mineral*, 50(6): 771-783
- Suriawan, M. C. Vahindra., &T. G. T. Nindhia. 2010. Studi hubungan struktur mikro dan keaktifan zeolite alam akibat proses pengasaman, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram*, 4 (2): 129-131
- Tsitsishvili, G.V. 1992. Natural Zeolite, *Ellis Horwood Ltd*, Chichester
- Wang, X. Ozdemir, O. Hampton, M. Nguyen, A. V. & Duong, D. 2012. The effect of zeolite treatment by acids on sodium adsorption ratio of coal seam gas water, *Water Research*, 46(16) : 5247-5254