Aplikasi Metode Aktivasi Secara Kimia Pada Zeolit Alam Sebagai Penjerap Logam dalam Proses Pemurnian Air

Puput Eka Suryani[a*], Arya Dwi Candra[*]

[*]Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu
[*] puput.eka91@gmail.com

Diterima : 27 Oktober 2019 - Direview : 14 Desember 2019 - Diterbitkan : 30 Desember 2019

Intisari

Pertumbuhan penduduk yang terus meningkat setiap tahunnya berpengaruh terhadap meningkatnya kebutuhan air bersih untuk memenuhi kehidupan sehari-hari. Ketersediaan sumber air yang terus menipis akibat tergeser oleh populasi manusia setiap tahunnya perlu mendapat perhatian yang cukup serius. Hal ini dikarenakan kebutuhan air meliputi hampir di seluruh sektor kehidupan manusia seperti industri, pariwisata, pertanian, rumah tangga, dll. Pada dasarnya kualitas air dapat dipengaruhi oleh beberapa hal seperti pencemaran lingkungan, kandungan mineral pada air, serta adanya logam-logam terlarut akibat proses distribusi. peningkatan populasi diikuti dengan meningkatnya beberapa aktivitas manusia dapat meneyebabkan pencemaran air. Tingginya tingkat pencemaran lingkungan akibat limbah industri mengakibatkan penurunan kualitas pada sumber mata air. Indonesia merupakan salah satu negara yang memilki sumber zeolit alam secara melimpah. Penggunaan zeolit dapat dioptimalkan sebagi solusi dalam kasus pencemaran air atau peningkatan kualitas air. Pada penelitian ini akan dipelajari lebih lanjut mengenai kemampuan zeolit alam yang telah diaktivasi secara kimia sebagai penjerap logam berat pada air. Air sampel yang digunakan dalam penelitian diambil dari air tanah di daerah cepu yang diprediksi memiliki tingkat kesadahan tinggi. Zeolit alam diaktivasi secara asam menggunakan larutan HCl 2 M. Struktur zeolit dianalisis menggunakan X-Ray Difraction (XRD), sedangkan kemampuan adsorbsi dianalisis menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa mineral utama penyusun zeolit alam yang digunakan adalah modernit. Aktivasi secara kimia mampu meningkatkan sisi aktif pada zeolite alam, hal ini dapat diketahui dari munculnya puncak-puncak (peak) yang lebih tinggi pada zeolite termodifikasi.

Kata Kunci : **Zeolit alam; aktivasi kimia, logam berat**

Abstract

Population growth that continues to increase every year has an effect on the increasing need for clean water to meet daily life. The availability of water sources that continue to run out due to being displaced by the human population every year needs serious attention. This is because the need for water covers almost all sectors of human life such as industry, tourism, agriculture, households, etc. Basically water quality can be influenced by several things such as environmental pollution, mineral content in water, and the presence of dissolved metals due to the distribution process. An increase in population is followed by an increase in some human activities that can cause water pollution. The high level of environmental pollution due to industrial waste results in a decrease in the quality of the springs. Indonesia is one of the countries that has abundant natural zeolite sources. The use of zeolites can be optimized as a solution in cases of water pollution or water quality improvement. In this research, we will study further about the ability of chemically activated natural zeolite to adsorb heavy metals in water. The sample water used in this study was taken from groundwater in the Cepu area which is predicted to have a high level of hardness. Natural zeolite was activated by acid using 2 M HCl solution. The structure of zeolite was analyzed using X-Ray Difraction (XRD), while the adsorption ability was analyzed using Atomic Absorption Spectroscopy (AAS). The results showed that the main mineral constituent of the natural zeolite used was modernite. Chemical activation is able to increase the active site in natural zeolite, it can be seen from the appearance of higher peaks in the modified zeolite.

Keywords : ***Natural Zeolite; Chemical Activation, Heavy Metal.***

1. Pendahuluan

Pertumbuhan penduduk yang terus meningkat setiap tahunnya berpengaruh terhadap meningkatnya kebutuhan air bersih untuk memenuhi kehidupan sehari-hari. Hal ini mengingat bahwa air merupakan kebutuhan pokok yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan seluruh makhluk hidup. Kebutuhan air meliputi hampir di seluruh sektor kehidupan manusia seperti industri, pariwisata, pertanian, rumah tangga, dll. Selama ini kebutuhan air terpenuhi dari berbagai sumber mata air, seperti air tanah dan air permukaan. Meningkatnya jumlah populasi manusia setiap tahunnya dapat berdampak buruk terhadap kualitas air secara langsung. Tingginya

tingkat pencemaran lingkungan akibat limbah industri mengakibatkan penurunan kualitas pada sumber mata air baik air tanah maupun air permukaan. Pencemaran air juga dapat berakibat fatal terhadap ekositem makhluk hidup di sekitarnya. Sebagian besar pencemaran air disebabkan oleh aktivitas manusia baik dari kegiatan rumah tangga maupun industri. Langkanya sumber air bersih untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari diperparah dengan tingginya tingkat pencemaran maka diperlukan teknologi-teknologi baru untuk mengkonversi air yang tersedia menjadi air siap konsumsi. Sebagian besar air tanah banyak mengandung mineral seperti logam-logam yang dibutuhkan dalam tubuh manusia. Namun, apabila kandungan mineral melebihi ambang batas minimal maka akan menyebabkan masalah baru jika dikonsumsi langsung. Tingginya kandungan mineral dalam air dapat menyebabkan beberapa penyakit baru apabila tidak diolah terlebih dahulu. Beberapa unsur seperti Ca^{2+} dan Mg^{2+} merupakan logam-logam yang menyebabkan kesadahan dalam air. Kualitas air yang buruk atau tidak sesuai dengan standar baku mutu hanya akan mengakibatkan beberapa penyakit pada tubuh manusia. Potensi serta ketersediaan air yang terus berkurang mendorong beberapa peneliti untuk berupaya mencari solusi yang tepat untuk mengahadapi masalah ketersediaan air.

Indonesia merupakan salah satu negara yang memilki sumber zeolit alam secara melimpah. Beberapa daerah seperti Jawa Timur, Jawa Tengah, Jawa Barat, Lampung merupakan daerah-daerah penghasil zeolit alam. Zeolit alam memiliki beberapa keunggulan seperti nilai Kapasitas Tukar Kation (KTK) yang tinggi terutama dari daerah Jawa Tengah dan Jawa Timur (Kusdarto, 2008). Melimpahnya zeolit alam perlu dimanfaatkan secara optimal mengingat banyaknya keuntungan zeolit dalam aplikasi pemurnian dan pengolahan limbah.

Pada penelitian sebelumnya telah banyak dijelaskan penggunaan zeolit alam dalam berbagai bidang, salah satunya yaitu sebagai pengurangan kadar kalsium dan magnesium dalam air (Marsidi, 2001) sehingga dapat menurunkan nilai kesadahan air. Namun pada penelitian tersebut masih terkendala umur zeolit, zeolit alam cepat mengalami kejenuhan pada saat proses adsorbsi. Pemanfaatan zeolit alam Ponorogo sebagai pereduksi logam berat (besi) pada air limbah telah dipelajari sebelumnya (Poerwadio et al., 2004). Pada penelitian tersebut disebutkan bahwa nilai tukar kation (KTK) lebih besar dibandingkan degan nilai KA (Kapasitas Adsorbsi), hal ini menandakan zeolit alam ponorogo dapat mengurangi kadar besi dalam air secara optimal melalui proses ion exchange. Selain logam berat Fe, zeolit alam telah terbukti efektif dapat mereduksi logam berat Cr^{3+} melalui metode ion exchange (Emelda et al, 2013), hasil penelitan menunjukkan bahwa waktu optimal didapat pada saat t=3 jam (*batch adsorption*).

Pada penelitian ini akan dipelajari pengaruh aktivasi pada zeolit alam Jawa Timur untuk meningkatkan kualitas air tanah di daerah Cepu. Logam-logam seperti kalsium dan magnesium merupakan penyebab utama kesadahan pada air. Filtrasi merupakan metode paling umum yang digunakan dalam proses pemurnian air, hal ini dikarenakan metode tersebut tergolong sederhana dan tidak memerlukan biaya tinggi. Namun proses filtrasi menjadi lebih kompleks dan mahal apabila digunakan sebagai media pemisah partikel-partikel berukuran sangat kecil. Oleh karena itu metode lain seperti ion exchange dan adsorbsi terus dikembangkan sebagai metode alternatif yang dapat digunakan dalam pengolahan air bersih. Pengaruh karakteristik zeolit alam sebagai adsorben logam berat pada air akan dipelajari lebih lanjut guna menentukan kondisi optimal dalam proses aktivasi. Pengurangan kadar logam pada air dapat menurunkan angka kesadahan sehingga dapat meningkatkan kualitas air.

2. Kerangka Teori

Kerangka teori yang digunakan dalam penelitian ini adalah berdasarkan beberapa pernyataan awal yang meliputi:

1. Apakah terdapat pengaruh aktivasi secara kimia terhadap performa zeolit sebagai penjerap.
2. Apakah metode yang digunakan dalam proses aktivasi telah sesuai?
3. Bagaimana pengaruh aktivasi zeolit terhadap tingkat kesadahan air?

Dari permasalahan di atas sehingga dapat disimpulkan tujuan sebagai alternatif jawaban, yakni:

1. Mampu meningkatkan karakteristik zeolite melalui aktivasi secara kimia.
2. Mengembangkan metode aktivasi zeolite alam untuk optimalisasi pada penguranfan logam pada air
3. Mengurangi kesadahan air melalui zeolite alam teraktivasi

3. Metodologi

Adapun metode penelitian yang digunakan adalah meliputi pemakaian jenis-jenis peralatan, dilanjukan dengan alur eksperime yag dimulai dengan preparasi sampel, aktivasi zeolite, dan aplikasi zeolite teraktivasi.

Peralatan yang digunakan meliputi labu erlenmeyeyer, gelas beaker, labu takar, gelas ukur, pipet volume, pH meter, coorong, karet hisap, magnetic stirrer, timbangan digital, furnace, spectrometer serapan atom (SSA), difraktometer sianr-X. Sedangkan zeolite yang digunakan merupakan zeolite alam uyang berasal dari Malang, dan HCl

Penentuan jumlah logam dalam ampel air menggunakan alat pengukur yaitu Spectrometer Serapan Atom (SSA). Secara teknis SSA merupakan alat ukur kuantitatif yang menggunakan prinsip kerja penyerapan radiasi elektromagnetik. Eksistensi logam pada sampel dapat dideteksi melaui penyerapan cahaya dengan panang gelombang tertentu oleh atom logam (Skoog et al, 2000 dalam Anshoori, 2005).

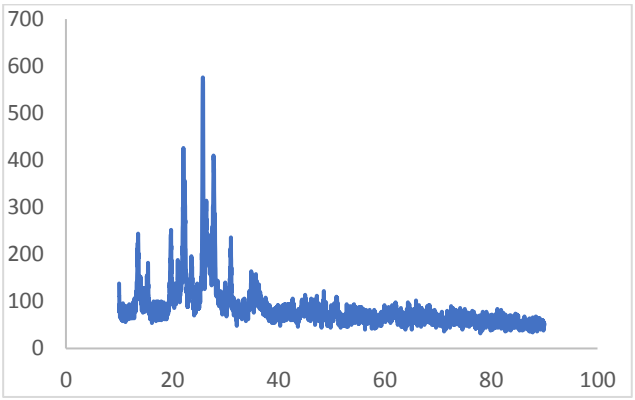
Karakteristik zeolite teraktivasi dianalisis menggunakan difraksi sinar-x. Zeolite teraktivasi dianalisis berdasarkan jenis-jenis mineral penyusunnya, sehingga dapat disimpulkan pengaruh karakteristik tersebut di dalam proses penjerapan (Sudarningsih dan Fahrudin, 2008).

4. Hasil dan Pembahasan

Dalam penelitian ini sampel yang digunakan adalah sampel air tanah yang diambil dari salah satu sumur di Cepu, Kabupaten Blora. Sebelum dilakukan perlakuan sampel air tersebut diuji terlebih dahulu untuk menentukan karakteristik kandungan air, dalam hal ini adalah kanndunan logam berat pada air. Proses analisis dilakukan menggunakan metode Spektroskopi Serapan Atom (SSA) di Laboratorium Instrumensasi, Fisika Dasar dan Kimia Dasar, Universitas Islam Indonesia. Adapun karakteristik air meliputi kandungan logam berat yang terdiri atas Fe dan Pb, Masing-masing konsentrasi untuk logam Fe dan Pb adalah 0,2307 mg/L dan 0,026 mg/L.

Proses modifikasi zeolite alam dilakukan dengan melakukan perendaman secara asam. Sampel zeolite direndam menggunakan asam klorida dengan konsentrasi 2M. Proses aktivasi secara kimia dilakukan sebgaai upaya untuk menghilangakan zat-zat pengotor pada pori-pori zeolite. Proses tersebut daapt disebut juga sebagai proses pemurian zeolite. Pengosongan pori zeolite dapat meningkatkan performa zeolite sebagai penjerap pada proses treatment air. Secara alami, zeolite alam merupakan material penjerap yang sangat efektif. Proses penjerapan terjadi akibat perbedaan muatan antara permukaan zeolite dan partikel terlarut di dalam air. Kinerja zeolite dapat ditentukan pada kualitas penampang zeolite. Kualitas penampang yang baik dapat diindikasikan oleh pori-pori aktif pada permukaan. Semakin banyak jumlah pori-pori aktif pada zeolite maka proses penjerapan semakin optimal. Zat pengotor yang terdapat pada permukaan zeolite pada umumnya adalah oksida logam. Keberadaan oksida logam dapat menurunkan performa dari zeoit. Proses aktivasi secara kimia merupakan proses pemurnian zeolite dari oksida logam, sehingga dapat meningkatkan sisi aktif pada permukaan.

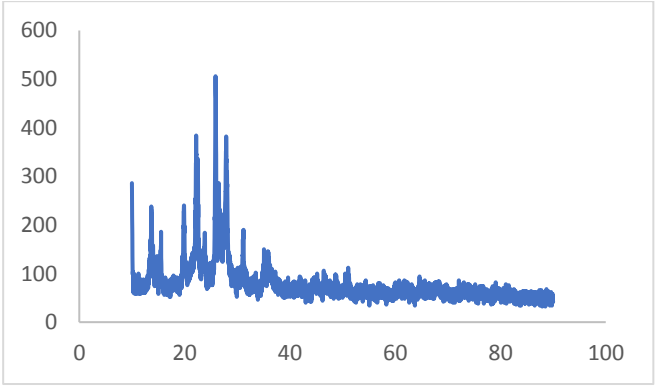
Sebelum proses aktivasi, zeolite alam dikarakterisasi menggunakan difraksi sinar-x (X-Ray Difraction/XRD). Tipe XRD yang digunakan adalah Shimadzhu XRD 700. Proses tersebut dilakukan sebgaai upaya mengetahui jenis ikatan Kristal pada sampel zeolite. Zeolite alam yang digunakan adalah adalah zeolite alam yang berasal dari daerah Jawa Barat. Sebelumnya zeolite alam dicuci terlebih dahulu menggunakan air distilasi selama 24 jam. Setelah proses perendaman, dilanjutkan dengan proses pengeringan dengan menggunakan oven pada suhu 100℃ untuk menghilangkan kadar air. Hasil analisis dapat dilihat pada gambar 4.1. Pada gambar tersebut dapat diketahui mineral penyusun zeoit. Jenis-jenis mineral zeolit diindikasika dengan munculnya peak/puncak pada pengujian 2θ. Sedangkan untuk mengetahui kristalinitas dtunjukkan pada tinggi rendahnya intensitas puncak.



Gambar 4.1. Difraktogram Zeolite Alam

Berdasarkan data dari JCPDS (Joint Commite on Powder Difraction Standars) puncak yang muncul pada 2θ 20,9064^0; 26,6800^0; 36,5700^o puncak untuk kuarsa (Quartz) JCPDS no 5-0490 (Srihapsari, 2006). Sedangkan mineral modernit ditandai pada puncak 6,4800^0, 14,4400^0 ; 19,1720^0 ; 22,3418^0; 25,3200^0 dan 27,7989^0, JCPDS no 6-239. Mineral monmorilonit ditujukkan pada puncak 2θ 5,7800^0, JCPDS no 13-135. Penentuan mineral albite terdeteksi pada puncak 23,7800^0, JCPDS no 10-393. Sedangkan pada puncak 2θ 30,9839^o adalah indikator untuk mineral napheline JCPDS no 19-1176. Pada gambar 4.1 dapat dilihat bahwa terdapat mineral modernit, monmorilonit, albite, dan napheline. Mineral-mineral tersebut merupakan mineral utama penyusun zeolit, sehingga dapat dipastikan bahwa batuan tersebut adalah batuan zeolit.

Adapun hasil pencitraan melalui Difraktogram pada zeolite alam yang telah dimodifikasi dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2. Difraktogram zeolite Alam Modifikasi 2 HCl

Dari gambar tersebut dapat diliat bahwa pola difraksi zeolite alam yang telah diaktivasi tidak teralu merubah hasil XRD. Dapat dilihat juga bahwa terdapat puncak-puncak yang sama dengan zeolite alam sebelum proses modifikasi, hal ini menandkan bawa proses modifikasi tidak merusak struktur zeolite secara siginifikan. Namun terdapat beberapa pergeseran puncak karena perlakuan asam.

Pola yang sama juga didapat oleh penelitian sebelumnya (Pardoyo, 2009), aktivasi secara kimia tidak merubah struktur zeolite alam secara siginifikan. Hal ini dibuktikan dengan puncak-puncak atau peak yang terbentuk pada citra XRD sampel termodifikasi atau tanpa modifikasi. Dapat dilihat bahwa puncak-puncak kristal tidak terlalu berbeda dengan zeolite tanpa modifikasi.

Pengujian kinerja zeolite dilakukan melalui proses adsorbs. Penjerapan dilakukan dengan cara mengaduk zeolite dengan sampel air. Proses penjerapan menggunakan metode *batch* dengan memasukan sampel 5 g zeolite dalam 50 mL sampel air tanah. Proses adsorpsi dilakukan selama 2 jam dengan kecepatan 100 rpm. Hasil yang didapat belum menunjukkan tingkat pengurangan logam Fe secara signifikan. Hal ini dapat disebabkan proses peyaringan yang belum optimal.

Pada penelitian sebelumnya telah dibuktikan bahwa proses aktivasi kimia dapat meningkatkan kemampuan zeolite dalam menjerap ion logam Ca^{2+}. Hal ini dikarenakan dengan proses perendaman menggunakan HCl maka akan terjadi proses *leaching* Al pada zeolite alam. Keluarnya unsur Al dari zeolite maka dapat menyebabkan pori lebih terbuka, sehingga ion Ca^{2+} mampu teradsorpsi pada gugus aktif zeolite (Pardoyo dkk., 2009).

5. Simpulan

Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa aktivasi secara kimia tidak merusak struktur zeolite. Namun proses tersebut sedikit merubah kristalinitas pada zolit. Proses aktivasi menggunakan zeolite mampu menghilangkan zat pengotor berupa okksida logam yang terdapat pada pori-pori zeolite. Berdasarkan data XRD terdapat puncak-puncak yang sangat tajam, hal ini mengindikasikan bahwa tingkat kristalinitas zeolite yang tinggi. Optimalitas kinerja zeolite berbanding lurus dengan kristalinitas yang tinggi. Kinerja zeolite sebagai bahan penjerap belum dapat disimpulkan. Hal ini didapat dari data SSA yang menunjukkan hasil Fe cukup tinggi.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami ucapkan kepada Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe sebagai pihak yang telah memeberikan pendanaan sehingga penelitian ini terlaksana.

Daftar Pustaka

Anshori, Jamaludin Al, 2005. Spektrometri Serapan Atom, Materi ajar: Universitas Padjajaran

Emelda, Lisanti., Putri, S. M., Ginting, S, B., 2013. Pemanfaatan Zeolit Alam Teraktivasi untuk Adsorpsi Logam Krom (Cr $^{3+}$), *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, Vol. 9, No. 4, hlm. 166 – 172

Kusdarto, 2008. Potensi Zeolite Di Indonesia. JURNAL ZEOLIT INDONESIA Vol. 7 No. 2.

Marsidi, Ruliasih. 2001. Zeolit Untuk Mengurangi Kesadahan Air. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Vol.2, No. 1: 1-10.

Pardoyo, Listiana, Darmawan, Adi. 2009. Pengaruh Perlakuan HCl Pada Kristalinitas Dan Kemampuan Adsorpsi Zeolit Alam Terhadap Ion Ca2+. Jurnal Sains & Matematika (JSM), Volume 12 No. 2:100-104.

Poerwadio, A, D., Masduqi, Ali**.,** Penurunan Kadar Besi Oleh Media Zeolit Alam Ponorogo Secara Kontinyu, *Jurnal Purifikasi*, Vol.5, No.4, Oktober 2004 : 169-174.

Skoog. D. A., Donald M. West, F. James Holler, Stanley R. Crouch, 2000. Fundamentals of Analytical Chemistry .Hardcover: 992 pages, Publisher: Brooks Cole

Sudarningsih dan Fahrudi, 2008, Penggunaan Metoda Difraksi Sianr X dalam Menganalisa Kandungan Mineral Pada Batuan Ultra Basa Kalimantan Selatan, Jurnal Fisika FLUX, Vol. 5 No.2:165-173.