

## ABSTRAK

# AKTIVASI ZEOLIT ALAM MELALUI PERLAKUAN TERMAL UNTUK MENINGKATKAN ADSORPTIVITAS TERHADAP ION GARAM DALAM AIR LAUT

Oleh  
**EDY WIBOWO**  
**NIM: 30212002**  
(Program Studi Doktor Fisika)

Karakterisasi dan aktivasi zeolit alam Sukabumi telah berhasil dilakukan. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa zeolit Sukabumi berjenis *clinoptilolite* dengan kandungan silika (% massa Si = 38,32, Si/Al = 4,61) dan derajat kristalinitas yang tinggi ( $d = 3,98 \text{ \AA}$ , FWHM =  $0,85^\circ$ ,  $\delta = 18,94 \text{ nm}$  dan  $\varepsilon = 9 \times 10^{-3}$ ) sehingga memiliki kekuatan mekanik dan ketahanan termal yang baik. Oleh sebab itu, adsorptivitas zeolit alam Sukabumi memungkinkan ditingkatkan melalui perlakuan termal. Dari aktivasi termal yang dilakukan menggunakan tungku diperoleh kondisi optimum aktivasi pada temperatur  $225 \text{ }^\circ\text{C}$  selama 3 jam. Adsorptivitas zeolit diuji untuk mereduksi salinitas air laut.

Dari tinjauan isotermik, termodinamik dan kinetik, diperoleh informasi bahwa adsorpsi ion garam pada permukaan zeolit merupakan proses adsorpsi fisika (*physical process*,  $E < 80 \text{ kJ/mol}$ ) yang terjadi secara spontan ( $\Delta G^\circ = -27,193$  sampai  $-29,144 \text{ kJ/mol}$ ) dan berlangsung dengan mudah (*favorable adsorption*,  $R_L = 0,588$ ) tanpa memerlukan energi aktivasi dari luar (*exothermic*,  $\Delta H^\circ = -30,856 \text{ kJ/mol}$ ). Kinetika adsorpsi yang terjadi mengikuti *Pseudo-second-order kinetic model*, menunjukkan bahwa proses adsorpsi ion garam pada permukaan zeolit berlangsung dengan cepat.

Penambahan fase kejutan termal (*thermal shock*) berhasil meningkatkan adsorptivitas zeolit hingga tiga kali lipat lebih tinggi dibandingkan proses aktivasi termal standard. Selain meningkatkan adsorptivitas, kejutan termal yang dilakukan menyebabkan perubahan ukuran partikel zeolit (*fragmentation*) menjadi sekitar  $1/4$  diameter awal. Sebuah model matematis dibangun untuk menjelaskan efek kejutan termal pada perubahan partikel zeolit. Model yang dibangun berhasil menjelaskan mengapa kejutan termal dapat menyebabkan fragmentasi partikel zeolit menjadi berukuran kecil dan mengapa diameter partikel yang dihasilkan kira-kira  $1/4$  diameter partikel asal. Selain itu, syarat terjadi fragmentasi partikel juga berhasil dideskripsikan. Metode aktivasi yang diusulkan ini diharapkan juga akan sesuai digunakan untuk meningkatkan adsorptivitas material jenis lain.

**Kata kunci:** zeolit alam, *clinoptilolite*, adsorpsi, ion garam, kejutan termal, fragmentasi, model matematis

## ABSTRACT

### **THERMAL ACTIVATION OF NATURAL ZEOLITE FOR ENHANCING ITS ADSORPTIVITY TO THE SALT IONS IN SEAWATER**

By

**EDY WIBOWO**

**NIM: 30212002**

**(Doctoral Program in Physics)**

*Characterization and thermal activation of natural zeolite from Sukabumi have been conducted. The characterization results show that the type of zeolite is clinoptilolite with high silica content (% of mass Si = 38.32; Si/Al = 4.61) and high crystalline degree ( $d = 3.98 \text{ \AA}$ ; FWHM =  $0.85^\circ$ ;  $\delta = 18,94 \text{ nm}$  and  $\varepsilon = 9 \times 10^3$ ) therefore owing high mechanical strength and good thermal resistance. The activation was conducted by using furnace. It was obtained that the optimum condition of activation is at temperature of  $225^\circ \text{C}$  for 3 h. The adsorptivity of zeolite was examined for reducing the salinity of seawater.*

*Based on isotherms, thermodynamics and kinetics aspects, we obtained that the adsorption of salt ions onto zeolite surface is considered as physical process ( $E < 20 \text{ kJ/mol}$ ). The negative  $\Delta G^\circ$  ( $-27.193$  to  $-29.144 \text{ kJ/mol}$ ) indicates the spontaneous nature of adsorption. The negative  $\Delta H^\circ$  ( $-30.856 \text{ kJ/mol}$ ) confirms the exothermic nature of adsorption, while the value of separation factor,  $R_L = 0.588$ , shows the nature of adsorption process is favorable. In addition, the adsorption kinetic well fits to the pseudo-second-order model shows that the adsorption process could be fast occurred.*

*The inserting of thermal shock on the activation process was able to enhance the adsorptivity of zeolite. The adsorptivity of zeolite increases until three times higher than the standard thermal process. Besides enhance the adsorptivity of zeolite, thermal shock caused the zeolite particles to transform into smaller particles. The average diameter of the particles as a result of thermal shock, which was approximately  $1/4$  of the initial particle diameter. A mathematics model was proposed to explain the mechanism of fragmentation. A criterion for fragmentation of brittle materials was also introduced. The proposed model and criterion are able to qualitatively explain why the diameters of zeolite particles resulting from thermal shock are approximately  $1/4$  of the initial particle diameter. This method is expected applicable for enhancing the adsorptivity of others material.*

**Keywords:** *natural zeolite, clinoptilolite, adsorption, salt ions, thermal shock, fragmentation, mathematical model*