

STUDI PENGOLAHAN LIMBAH CAIR SEKUNDER MENGANDUNG CESIUM HASIL *SOIL WASHING* MENGGUNAKAN ZEOLIT

Rakha Rafi Nugraha
21/479237/TK/52834

Diajukan kepada Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada pada tanggal 11 Agustus 2025
untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh derajat
Sarjana Program Studi Teknik Nuklir

INTISARI

Limbah cair sekunder hasil proses *soil washing* tanah terkontaminasi radioisotop ^{137}Cs memerlukan pengolahan lebih lanjut sebelum dapat dilepaskan ke lingkungan. Salah satu pendekatan yang potensial adalah metode adsorpsi menggunakan zeolit alam, yang memiliki kapasitas penukaran ion tinggi dan struktur berpori yang mendukung adsorpsi kation seperti Cs^+ . Namun, efisiensi zeolit sangat dipengaruhi oleh karakteristik permukaan dan struktur internalnya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh waktu kontak, suhu, dan konsentrasi awal limbah CsCl terhadap kapasitas dan efisiensi adsorpsi zeolit alam serta zeolit hasil aktivasi kimia terhadap ion Cs^+ dari larutan simulasi dan limbah cair aktif.

Penelitian diawali dengan proses aktivasi zeolit menggunakan larutan HCl 0,5 M dan NaOH 0,2 M untuk menghasilkan zeolit teraktivasi asam dan basa. Karakterisasi material dilakukan menggunakan XRD, SEM, BET, dan pengukuran zeta potensial. Variasi yang diuji mencakup waktu kontak, konsentrasi awal $^{133}\text{Cs}^+$, dan suhu. Konsentrasi $^{133}\text{Cs}^+$ dari larutan simulasi ditentukan menggunakan AAS PerkinElmer AAnalyst 400, sedangkan aktivitas ^{137}Cs dari limbah cair aktif diukur menggunakan spektrometer gamma NaI(Tl) ORTEC.

Hasil menunjukkan bahwa zeolit aktivasi asam-basa memiliki performa terbaik, dengan kapasitas adsorpsi sebesar 0,0067 mmol/g dan efisiensi adsorpsi mencapai 81% pada waktu kontak 60 menit, dengan suhu kontak 60°C , dan konsentrasi awal $^{133}\text{Cs}^+$ 5 ppm. Kinetika adsorpsi mengikuti model pseudo-orde dua, sedangkan kesetimbangan isothermal sesuai dengan model Freundlich untuk larutan simulasi $^{133}\text{CsCl}$ dan Langmuir untuk limbah cair sekunder $^{137}\text{CsCl}$.

Kata kunci: zeolit, aktivasi kimia, adsorpsi, Cs^+ , limbah radioaktif, XRD, SEM, zeta potensial

Pembimbing Utama : Ir. Nunung Prabaningrum, M.T., Ph.D., IPU.

Pembimbing Pendamping : Gustri Nurliati, S.Si, M.Si.



STUDY OF SECONDARY LIQUID WASTE TREATMENT CONTAINING CESIUM FROM SOIL WASHING USING ZEOLITE

Rakha Rafi Nugraha
21/479237/TK/52834

*Submitted to the Department of Nuclear Engineering and Engineering Physics
Faculty of Engineering Universitas Gadjah Mada on August 11, 2025
in partial fulfillment of the requirement for the Degree of
Bachelor of Engineering in Nuclear Engineering*

ABSTRACT

Secondary liquid waste from the soil washing process of ^{137}Cs contaminated soil requires further treatment before being safely released into the environment. One promising approach is adsorption using natural zeolite, which possesses a high ion-exchange capacity and a porous structure that supports the uptake of cations such as Cs^+ . However, the efficiency of zeolite is strongly influenced by its surface characteristics and internal structure. The objective of this study was to analyze the effects of adsorption time, temperature and the initial CsCl waste concentration to the Cs^+ ions adsorption efficiency and capacity of the natural zeolite and the chemical activation zeolite.

The research began by the chemical activation of zeolite using 0.5 M HCl and 0.2 M NaOH to produce acid-base activation zeolite. Material characterizations were performed using XRD, SEM, BET, and zeta potential measurements. Experimental variations included the adsorption time, the initial Cs^+ concentration, and the adsorption temperature. The concentration of Cs^+ in the simulated solution was determined using AAS (PerkinElmer AAnalyst 400), while the activity of ^{137}Cs in the active waste was measured using a NaI(Tl) gamma spectrometer (ORTEC).

The results showed that the acid-base activation zeolite exhibited the best performance, with an adsorption capacity of 0.0067 mmol/g and an adsorption efficiency of 81% at adsorption time of 60 minutes, adsorption temperature of 60°C , and initial $^{133}\text{Cs}^+$ concentration of 5 ppm. Adsorption kinetics followed the pseudo-second-order model, while the isothermal equilibrium data fitted the Freundlich isotherm for the simulated solution waste and the Langmuir isotherm for the secondary liquid waste.

Keywords: zeolite, chemical activation, adsorption, Cs^+ , radioactive waste, XRD, SEM, zeta potential

Supervisor : Ir. Nunung Prabaningrum, M.T., Ph.D., IPU.

Co-supervisor : Gustri Nurliati, S.Si, M.Si.

