

Desain Pra-Konseptual Insinerasi Elemen Transuranik Berbentuk Lapisan Tubular Pada *Single Fluid Double Zone-Thorium Molten Salt Reactor* (SD-TMSR)

R. Andika Putra Dwijayanto^{1,2}, Andang Widi Harto¹, Azizul Khakim²

¹ Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Jl. Grafika 2, Yogyakarta 55281, Indonesia

² Pusat Riset Teknologi Reaktor Nuklir, Organisasi Riset Tenaga Nuklir, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Gedung 80 Kawasan Sains dan Teknologi BJ Habibie, Tangerang Selatan 15314, Indonesia

andika.putra.d@mail.ugm.ac.id

INTISARI

Insinerasi elemen transuranik (*transuranic elements*/TRU) dapat dilakukan di berbagai jenis reaktor nuklir. *Molten salt reactor* (MSR) dapat digunakan untuk insinerasi TRU, biasanya dilakukan dengan mencampur TRU dengan garam pengemban dalam reaktor. Metode ini terkendala oleh limit solubilitas garam trifluorida yang rendah dan umpan balik reaktivitas positif. Sebagai alternatif metode insinerasi TRU dalam MSR, penelitian ini dilakukan untuk menguji konfigurasi heterogen untuk insinerasi TRU dalam bentuk lapisan tubular padat yang disisipkan ke dalam kanal bahan bakar MSR. *Single fluid-Double Zone Thorium Molten Salt Reactor* (SD-TMSR) diambil sebagai desain MSR untuk menguji konsep ini. Studi dilakukan dalam empat tahap: Studi Pendahuluan, Studi Komparatif, Verifikasi Model Teras Penuh, dan Analisis Teras Penuh. Dua tahap pertama dilakukan pada level kanal bahan bakar, sementara dua tahap terakhir dilakukan dengan model utuh SD-TMSR. Analisis netronik dilakukan menggunakan perangkat lunak MCNP6.2 dengan pustaka tampang lintang ENDF/B-VII.0, sementara analisis peluruhan dilakukan menggunakan ORIGEN2.1. Parameter yang dianalisis di antaranya k_{eff}/k_{inf} , koefisien reaktivitas temperatur (*temperature coefficient of reactivity*/TCR), dan efisiensi transmudasi (*transmutation efficiency*/TE). Konfigurasi divariasikan dari segi fraksi volume TRU (5-20%), zona kanal (*core* dan *blanket*), lokasi lapisan TRU (*central*, *middle*, dan *outer*), serta zona fluks neutron (zona fluks tinggi, sedang, dan rendah). Hasil analisis pada level kanal menunjukkan bahwa insinerasi dalam bentuk lapisan TRU tubular memiliki konfigurasi optimal pada fraksi volume 5%, kanal *core*, dan lokasi TRU *outer*, dengan TCR menguat dari 0,73 pcm/K menjadi -5,22 pcm/K dan TE sebesar 30,95% untuk 1460 hari insinerasi. Pada level teras, insinerasi 196 kg TRU menghasilkan nilai TE tertinggi 63,98% selama 1460 hari pada zona fluks sedang, sementara nilai TCR menguat dari -1,93 pcm/K menjadi -2,27 pcm/K. Dari segi peluruhan, konfigurasi tersebut menyisakan radioaktivitas paling rendah setelah 1000 tahun peluruhan. Dari hasil penelitian ini, desain pra-konseptual insinerasi TRU dalam bentuk lapisan tubular terlihat menjanjikan sebagai metode alternatif insinerasi TRU dalam teras MSR.

Kata kunci: SD-TMSR, MCNP6.2, insinerasi TRU, efisiensi transmudasi

Pre-Conceptual Design of Transuranic Incineration as a Tubular Layer in Single Fluid Double Zone-Thorium Molten Salt Reactor

R. Andika Putra Dwijayanto^{1,2}, Andang Widi Harto¹, Azizul Khakim²

¹ Department of Nuclear Engineering and Physics Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Gadjah Mada, Jl. Grafika 2, Yogyakarta 55281, Indonesia

² Research Centre for Nuclear Reactor Technology, Research Organisation for Nuclear Energy, National Research and Innovation Agency, Building No. 80 BJ Habibie Science and Technology Area, South Tangerang 15314, Indonesia

andika.putra.d@mail.ugm.ac.id

ABSTRACT

Incineration of transuranic (TRU) elements can be performed in various types of nuclear reactor. Molten salt reactor (MSR) can be utilised for TRU incineration, typically by blending TRU elements with the carrier salt. This method has issues in low trifluoride solubility and positive reactivity feedback. This study proposes an innovative method of TRU incineration in MSR as heterogeneous configuration by inserting tubular TRU layer into MSR fuel channel. Single fluid-Double zone Thorium Molten Salt Reactor (SD-TMSR) design was adopted to assess this method. The studies were performed in four steps: Preliminary Assessment, Comparative Study, Model Verification, and Whole Core Analysis. The former two were performed in fuel channel, whilst the latter two were performed in whole core. Neutronic analysis was performed using MCNP6.2 code with ENDF/B-VII.0 neutron library, whilst decay analysis was performed using ORIGEN2.1 code. The analysed parameters include $k_{\text{eff}}/k_{\text{inf}}$, temperature coefficient of reactivity (TCR), and transmutation efficiency (TE). The configurations were varied into TRU volume fraction (5-20%), channel zone (core and blanket), TRU location within fuel channel (central, middle, and outer), and neutron flux zone (high, medium, and low flux). In channel analysis, the optimum configuration was found to be 5% TRU volume fraction, core channel, and outer TRU location, where the TCR was improved from 0.73 pcm/K to -5.22 pcm/K, with TE of 30.98% for 1460 days of incineration. In whole core analysis, incineration of 196 kg TRU achieved its best TE at 63.98% after 1460 days of incineration in medium flux zone. The TCR was improved from -1.93 pcm/K to -2.27 pcm/K. The configuration also achieved the lowest radioactivity after 1000 years of decay compared to other configurations. From these findings, the pre-conceptual design of TRU incineration as a tubular layer is shown to be promising as an alternative method for TRU incineration in MSR core.

Keywords: SD-TMSR, MCNP6.2, TRU incineration, transmutation efficiency