

SIMULASI DINAMIKA REAKTOR TITIK TERKAIT DAYA KESETIMBANGAN SEBAGAI FUNGSI POSISI BATANG KENDALI PADA THORGEN

Oleh
Marthen Gabriel
14/369594/TK/42643

Diajukan kepada Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada pada tanggal 25 September 2018
Untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh derajat
Sarjana S-1 Program Studi Teknik Nuklir

INTISARI

Indonesia merupakan negara kepulauan, memiliki banyak kepentingan yang membutuhkan energi listrik sebagai pendukung meningkatnya taraf kesejahteraan setiap elemen masyarakat. Program pemerataan listrik tahun 2016 (PLN) yang digalang pemerintah, terhalang dalam berbagai situasi, diantaranya terkait jauhnya lokasi penyediaan bahan bakar dengan daerah yang membutuhkan, mahalnya biaya transportasi yang diperlukan untuk menjangkau daerah-daerah tersebut dan juga rentan terhadap gangguan alam. Sistem pembangkit listrik skala mikro adalah salah satu kebutuhan dasar bagi misi-misi khusus pertahanan negara untuk daerah-daerah perbatasan, maupun kepentingan komunitas kecil yang berada di pulau-pulau terdepan, terluar, dan tertinggal (3T). Pembangkitan energi listrik skala mikro melalui sistem fosil dan energi terbarukan masih bermasalah pada ketersediaannya. Teknologi nuklir diperhitungkan berpotensi menjawab tantangan kebutuhan sistem pembangkit listrik skala mikro ini. *Thorium Generator* (THORGEN), merupakan salah satu jenis desain dari reaktor nuklir mikro *Thorium* Reaktor (μ TR) berbahan bakar UC-ThC dengan daya 3 kWe yang berpotensi mencukupi kebutuhan tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat simulator dinamika reaktor titik terkait daya kesetimbangan sebagai fungsi posisi batang kendali, dengan mencari posisi tertentu batang kendali sebagai posisi daya kesetimbangan, serta mensimulasikan kondisi-kondisi krusial yang dapat dijadikan acuan sebagai aspek keselamatan pada THORGEN dengan menerapkan metode numerik RKF45.

Telah dibuat simulator yang interaktif dengan menggunakan *Windows Forms Application* pada perangkat lunak *Microsoft Visual Studio C++ 2010 Express* dan diperoleh posisi batang kendali sebagai daya kesetimbangan terletak pada ($Z1 = Z2 = 59,4$ cm), dengan daya kesetimbangan pada 87,66 kW dan suhu kesetimbangan pada 936,88 K (663,73 °C) serta reaktivitas kesetimbangan pada -0,002257. Simulasi juga telah dilakukan untuk kondisi-kondisi krusial, diantaranya simulasi *low power rapid totally rod ejected*, *equilibrium power rapid totally rod ejected* dan *loss of heat sink accident*. Pada simulasi *low power rapid totally rod ejected*, diperoleh daya, suhu dan reaktivitas kesetimbangannya masing-masing pada 291,87 kW, 1088,43 K (815,28 °C) dan -0,002255. Sementara itu, untuk daya dan suhu maksimumnya selama kondisi transien masing-masing adalah 95.927,5 kW dan 1222,1 K (948,95 °C). Pada simulasi *equilibrium power rapid totally rod ejected*, diperoleh daya, suhu dan reaktivitas kesetimbangannya masing-masing pada 293,91 kW, 1088,32 K (815,17 °C) dan -0,00251. Sementara itu untuk daya dan suhu maksimumnya selama kondisi transien masing-masing adalah 57.644,9 kW dan 1204,98 K (931,83 °C). Dari kedua simulasi ini, diketahui bahwa suhu maksimum saat mengalami kondisi transien, tidak melebihi dari suhu lebur beberapa material utama dalam teras reaktor. Pada simulasi *loss of heat sink accident*, dengan meningkatnya suhu fluida pendingin di *heat pipe* dari 873,15 K ke 943,15 K diperoleh bahwa reaktor mampu bertahan selamat dengan *shutdown* otomatis tanpa menurunkan posisi batang kendali.

Kata Kunci: THORGEN, simulator, thorium, UC-ThC, C++
Pembimbing Utama : Dr. Ir. Andang Widi Harto, M.T.
Pembimbing Pendamping : Ir. Mondjo, M.Si.

SIMULATION OF POINT DYNAMICS REACTOR RELATED TO EQUILIBRIUM POWER AS A FUNCTION OF THE CONTROL ROD POSITION ON THORGEN

by
Marthen Gabriel
14/369594/TK/42643

Submitted to the Departement of Nuclear Engineering and Engineering Physics
Faculty of Engineering Universitas Gadjah Mada on 25 of September, 2018
In partial fulfillment of the Degree of
Bachelor of Engineering in Nuclear Engineering

ABSTRACT

Indonesia is an archipelagic country, has many interests that require electricity to support and increase the welfare level of every element in society. The electricity distribution program that was mobilized by government in 2016 was obstructed in various situations, which is include the distance between the fuel supply with areas in need, the high cost of transportation needed to reach these areas and also vulnerable to natural disruptions. The micro-scale power plant system is one of the basic needs for specific national defense missions, for border areas, as well as the interests of small communities in the foremost, outermost, and disadvantaged (3T) islands. Micro-scale power plant through fossil systems and renewable energy is still problematic in its availability. Nuclear technology is considered to potentially address the challenges of the need for this micro-scale power plant system. Thorium Generator (THORGEN), is one type design of the 3 kWe Thorium Reactor (μ TR) micro-nuclear reactor fueled UC-ThC that has the potential to solve those needs.

This study aims to create a point dynamics reactor simulator related to equilibrium power as a function of the control rod position, by finding the position of the control rod as an equilibrium power position, and simulating crucial conditions that can be used as a safety aspect in THORGEN, applying the numerical RKF45 method.

An interactive simulator has been made using Windows Forms Application on Microsoft Visual Studio C ++ 2010 Express software and obtained the position of the control rod as the equilibrium power located in ($Z1 = Z2 = 59.4$ cm), with equilibrium power at 87.66 kW and equilibrium temperature at 936.88 K (663.73 $^{\circ}$ C) and equilibrium reactivity at -0.002257. Simulations have also been carried out for crucial conditions, including low power rapid totally rod ejected simulations, equilibrium power rapid totally rod ejected and loss of heat sink accident. The low power rapid totally rod ejected simulation obtained power, temperature and equilibrium reactivity were 291,87 kW, 1088,43 K (815,28 $^{\circ}$ C) and -0.002255. Meanwhile, for the maximum power and temperature during the transient conditions respectively were 95.927,5 kW and 1222,1 K (948,95 $^{\circ}$ C). In the simulation of equilibrium power rapid totally rod ejected, the power, temperature and equilibrium reactivity were obtained, respectively at 293,91 kW, 1088,32 K (815,17 $^{\circ}$ C) and -0.00251. Meanwhile for the maximum power and temperature during transient conditions respectively were 57.644,9 kW dan 1204,98 K (931,83 $^{\circ}$ C). From these two simulations, it is known that the maximum temperature when the transient conditions, does not exceed the melting point temperature of some certain materials in the reactor core. In the loss of heat sink accident simulation, with the increasing temperature of the cooling fluid in the heat pipe from 873.15 K to 943.15 K it was obtained that the reactor was able to survive safely with automatic shutdown without insertion of the control rod.

Keywords: THORGEN, simulator, thorium, UC-ThC, C ++

Supervisor : Dr. Ir. Andang Widi Harto, M.T.

Co-Supervisor : Ir. Mondjo, M.Si.