

REDUCED MODERATION PRESSURIZED WATER REACTOR USING

THORIUM FUEL

by

Martinus I Made Adrian Dwiputra

16/404609/PTK/11026

Submitted to the Department of Nuclear Engineering and Engineering Physics

Faculty of Engineering Universitas Gadjah Mada on March 6th 2019

As partial fulfillment of the requirement for the Master Degree

In Engineering Physics

ABSTRACT

Reduced Moderation Pressurized Water Reactor (RMPWR) utilized thorium (Th) as the fuel in exchange for uranium (U) due to its advantages, which are the higher abundance on earth crust and the potential of breeding into fissile fuel ^{233}U . The reduced moderation corresponds to the implementation of larger fuel pin (11 mm in RMPWR and 9.5 mm in normal PWRs). This thesis is aimed to assess the breeding potential and the feasibility of RMPWR to sustain an equilibrium cycle and to satisfy the safety criteria. The assessment is performed using computational method which employs Monte Carlo codes, MCS and Serpent 2. The thermal-hydraulic assessment is performed using MCS coupled with thermal-hydraulic code, TH1D.

The RMPWR potential as a breeder is investigated by performing burnup calculation using Serpent 2 with various fissile enrichments and pitch lengths. The calculation yields the result that RMPWR FA has the potential as a breeder reactor with the optimum cycle length of 913 days, or 2.5 years, which is longer than the commercial PWR (1 to 2 years). The specific design implements fissile enrichment of 6.41% and pitch length of 1.26 cm. The reactivity coefficients calculation has been performed and the results suggest that the RMPWR is safe, since the value of all reactivity coefficients are negative. The fuel temperature has a biggest impact due to the most negative value of -3.2 pcm/K. The control rod worth for all rods insertion is -6904.9 pcm. The highly negative control rod worth surpass the minimum shutdown margin requirement of 2000 pcm. The fuel and cladding temperature for the hottest channel are below the limit, but the outlet coolant temperature surpass the limit of 600 K. A departure from nucleate boiling ratio (DNBR) assessment is conducted to justify the safety. The result shows that for the hottest channel in the core, the minimum DNBR is 1.56, which is bigger than the safety limit of 1.31.

Keywords: *Reduced moderation PWR, thorium fuel, thermal-hydraulic assessment.*

Supervisor : Dr. Alexander Agung, S.T., M.Sc.

Co-supervisor : Dr. Ir. Andang Widi Harto, M.T.



KAJIAN NEUTRONIK DAN TERMAL HIDRAULIKA DARI *REDUCED* *MODERATION PRESSURIZED WATER REACTOR* BERBAHAN BAKAR THORIUM

oleh

Martinus I Made Adrian Dwiputra

16/404609/PTK/11026

Diajukan kepada Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada pada tanggal 6 Maret 2019
untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh derajat
Magister pada Program Studi Teknik Fisika

INTISARI

Reduced Moderation Pressurized Water Reactor (RMPWR) menggunakan bahan bakar thorium (Th) sebagai pengganti dari uranium (U) karena berbagai kelebihanannya, yakni jumlahnya yang lebih banyak di bumi dan dapat dibiakkan menjadi bahan bakar fisil ^{233}U . Pengurangan moderasi ditempuh melalui penggunaan pin bahan bakar yang diperlebar dari 9,5 mm pada PWR normal menjadi 11 mm pada RMPWR. Tesis ini bertujuan untuk mengkaji potensi pembiakan dan kelayakan dari RMPWR untuk melangsungkan siklus ekuilibrium dan untuk memenuhi berbagai syarat keselamatan. Kajian ini dilakukan menggunakan metode komputasional yang menerapkan kode komputer berbasis metode Monte Carlo, yakni MCS dan Serpent 2, serta kode MCS yang dikopel dengan kode termalhidraulika, TH1D.

Potensi RMPWR sebagai pembiak dikaji dengan melakukan perhitungan *burnup* menggunakan Serpent 2 pada berbagai variasi pengayaan fisil dan jarak *pitch*. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa perangkat bahan bakar RMPWR dapat dikategorikan sebagai pembiak dengan panjang siklus optimum selama 913 hari, atau 2,5 tahun. Ini lebih lama dari siklus PWR umumnya yang berkisar 1 sampai 2 tahun. Hasil ini diperoleh pada desain yang menggunakan pengayaan fisil senilai 6,41% dan panjang *pitch* 1,26 cm. Aspek keselamatan yang dikaji adalah koefisien reaktivitas. Hasilnya menunjukkan bahwa semua koefisien reaktivitas dari RMPWR bernilai negatif yang menandakan bahwa syarat keselamatan terpenuhi. Koefisien reaktivitas temperatur bahan bakar bernilai paling negatif, yakni -3,2 pcm/K. *Control rod worth* ketika semua batang kendali masuk ke teras adalah -6904,4 pcm. Nilai yang sangat negatif ini lebih rendah dari syarat margin padam minimum senilai 2000 pcm. Temperatur maksimum dari bahan bakar dan kelongsong pada kanal terpanas tercatat lebih rendah dari batas, namun temperatur keluaran pendingin melebihi batas 600 K. Maka dari itu, dilakukan perhitungan *departure from nucleate boiling ratio* (DNBR). Nilai minimal DNBR adalah 1,56, yang masih lebih besar dari ketentuan minimal keselamatan senilai 1,31.

Kata kunci: *Reduced Moderation PWR, bahan bakar thorium, kajian termalhidraulika.*

Pembimbing Utama : Dr. Alexander Agung, S.T., M.Sc.

Pembimbing Pendamping : Dr. Ir. Andang Widi Harto, M.T.