

**DESAIN KONSEPTUAL NEUTRONIK REAKTOR “INDONESIAN
SPACE REACTOR (ISR)” SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK PESAWAT
RUANG ANGKASA PADA MISI DEEP SPACE EXPLORATION
MENGGUNAKAN METODE MONTE CARLO**

Oleh

Muhammad Farid Khandaq

14/369793/TK/42670

Diajukan kepada Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada pada tanggal 4 Juni 2018
untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh derajat
Sarjana S-1 Program Studi Teknik Nuklir

INTISARI

Salah satu permasalahan utama dari misi eksplorasi ruang angkasa adalah sumber energi listrik untuk pesawat ruang angkasa. Jarak yang sangat jauh dari matahari mengakibatkan penurunan intensitas cahaya matahari, sehingga panel surya tidak bisa digunakan sebagai pembangkit listrik. Solusi dari permasalahan ini adalah *space reactor* yang dapat menghasilkan daya relatif lebih besar serta umur operasi yang panjang. Rancangan *space reactor* harus mempertimbangkan massa dan dimensi reaktor. *Indonesian Space Reactor (ISR)* dirancang sebagai pembangkit listrik pesawat ruang angkasa. ISR menggunakan bahan bakar UN dengan pengkayaan 55% dan berat 150 kg. Pin bahan bakar pada ISR berbentuk *hollow cylinder* dengan tinggi teras aktif 31 cm. Diameter dalam *hollow cylinder* sebesar 0,6 cm dan fluida pendingin NaK dialirkan di dalamnya. Sistem pendingin pada ISR bersifat independen sehingga laju aliran masaa NaK setiap pin bahan bakar dapat berbeda-beda. Sistem seperti ini memungkinkan terjadinya pemerataan distribusi suhu di teras reaktor pada arah radial. Rancangan awal ISR memiliki suhu masukan dan suhu keluaran NaK sebesar 750°C dan 950°C.

Re dan Mo-40%Re digunakan sebagai *inner* dan *outer cladding* pin bahan bakar. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa Re memberikan reaktivitas negatif ketika reaktor terendam air. ISR menggunakan 6 *rotating drums* sebagai sistem kendali. Reaktivitas ISR pada *cold clean* dan operasi adalah 3,4 % dan 2,9%. Panjang siklus ISR dengan daya 0,5 MWth dan 1 MWth pada daya penuh lebih dari 10 tahun. Koefisien reaktivitas suhu bahan bakar sebesar -1,1045 pcm/K. Nilai rata-rata koefisien reaktivitas void pendingin (NaK) pada rentang suhu 700 K sampai 1200 K sebesar -0,33 pcm/%void NaK. Selanjutnya beberapa skenario kecelakaan dimodelkan untuk melihat perubahan nilai k_{eff} ISR pada kondisi-kondisi tersebut.

Kata kunci: *space reactor, Indonesia Space Reactor (ISR), hollow cylinder, rotating drum*

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

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



**DESAIN KONSEPTUAL NEUTRONIK REAKTOR “INDONESIAN SPACE REACTOR (ISR)”
SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK PESAWAT RUANG ANGKASA PADA MISI DEEP SPACE EXPLORATION MENGGUNAKAN
METODE MONTE CARLO**

M FARID KHANDAQ, Dr. Ir. Andang Widi Harto, M.T. ; Dr. Alexander Agung, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

**NEUTRONIC CONCEPTUAL DESIGN REACTOR “INDONESIAN
SPACE REACTOR (ISR)” AS A SPACECRAFT POWER PLANT ON
DEEP SPACE EXPLORATION MISSION USING MONTE CARLO
METHOD**

by

Muhammad Farid Khandaq

14/369793/TK/42670

Submitted to the Departement of Nuclear Engineering and Engineering Physics
Faculty of Engineering Universitas Gadjah Mada on *July 4th 2018*
in partial fulfillment of the requirement for the Degree of
Bachelor of Engineering in Nuclear Engineering

ABSTRACT

One of the main problems of space exploration mission is the source of electrical energy spacecraft. A very long distance from the sun causes a decrease in the intensity of sunlight, so solar panels can not be used as a power plant. The solution of this problem is the space reactor that can produce relatively greater power and long operating length. The design of space reactor should consider the mass and dimensions of the reactor. The Indonesian Space Reactor (ISR) is designed as a spacecraft power plant. ISR uses UN fuel with enrichment of 55% and weighs 150 kg. The fuel pins on the ISR is hollow cylinder with 31 cm active core length. The inner diameter of the hollow cylinder is 0.6 cm and the NaK coolant fluid is flowed inside it. Cooling system at ISR is independent, so that the NaK mass flow of each fuel pin may vary. Such a system allows for equal distribution of temperatures in the core in the radial direction. The initial ISR design has a NaK input and output temperature of 750 °C and 950 °C.

Re and Mo-40%Re are used as inner and outer cladding fuel pins. The calculation results show that Re gives negative reactivity when thereactor is immersed in water. ISR uses 6 rotating drums as a control system. Reactivity of ISR in cold clean and operation condition was 3.4% and 2.9%. ISR cycle length with 0.5 MWth and 1 MWth power at full power over 10 years. The coefficient of fuel temperature reactivity is -1.1045 pcm/K. The average value of coefficient of void reactivity (NaK) in the temperature range of 700 K to 1200 K is -0,33 pcm/% void NaK. Furthermore, several accident scenarios are modeled to estimate ISR k_{eff} values under these conditions.

Keywords: *space reactor, Indonesia Space Reactor (ISR), hollow cylinder, rotating drum, reactivity.*

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

Co-supevisor : Dr. Alexander Agung, S.T., M.Sc.