

SKRIPSI

**PERHITUNGAN KOEFISIEN REAKTIVITAS *VOID* UNTUK ANALISIS
KESELAMATAN TMSR-500 DAN PENGARUHNYA TERHADAP FLUKS
NEUTRON MENGGUNAKAN PROGRAM MCNP6**



**ATIKA NUR MUFIDAH
M0216009**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS ILMU MATEMATIKA DAN PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
OKTOBER 2020**

SKRIPSI

**PERHITUNGAN KOEFISIEN REAKTIVITAS *VOID* UNTUK ANALISIS
KESELAMATAN TMSR-500 DAN PENGARUHNYA TERHADAP FLUKS
NEUTRON MENGGUNAKAN PROGRAM MCNP6**

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan mendapatkan gelar
Sarjana Sains**



**ATIKA NUR MUFIDAH
M0216009**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS ILMU MATEMATIKA DAN PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
OKTOBER 2020**

commit to user

HALAMAN PERSETUJUAN
SKRIPSI

Perhitungan Koefisien Reaktivitas *Void* untuk Analisis Keselamatan TMSR-500 dan Pengaruhnya Terhadap Fluks Neutron Menggunakan Program MCNP6

Oleh:

Atika Nur Mufidah

M0216009

Telah disetujui oleh

Pembimbing I



Drs. Suharyana, M.Sc
NIP. 196112171989031003

Tanggal : 30 September 2020

Pembimbing II



Dr. Azizul Khakim, ST., M.Eng
NIP.197112241999121001

Tanggal: 5 Oktober 2020

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul: Perhitungan Koefisien Reaktivitas *Void* untuk Analisis Keselamatan TMSR-500 dan Pengaruhnya Terhadap Fluks Neutron Menggunakan Program MCNP6

Yang ditulis oleh:

Nama : Atika Nur Mufidah

NIM : M0216009

Telah diuji dan dinyatakan lulus oleh dewan penguji pada

Hari : Kamis

Tanggal : 22 Oktober 2020

Dewan Penguji :

1. Ketua Penguji

Dr. Fuad Anwar, S.Si, M.Si.

NIP. 197006102000031001

2. Sekertaris Penguji

Drs. Hery Purwanto, M.Sc.

NIP. 195905181987031002

3. Anggota Penguji 1

Drs. Suharyana, M.Sc.

NIP. 196112171989031003

4. Anggota Penguji II

Dr. Azizul Khakim, ST., M.Eng

NIP. 197112241999121001

26 November 2020

Disahkan pada tanggal 1 Desember 2020

Oleh

Kepala Program Studi Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Sebelas Maret Surakarta

Dr. Agus Supriyanto, S.Si, M.Si.

NIP. 196908261999031001

commit to user

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi intelektual Skripsi saya yang berjudul “PERHITUNGAN KOEFISIEN REAKTIVITAS *VOID* UNTUK ANALISIS KESELAMATAN TMSR-500 DAN PENGARUHNYA TERHADAP FLUKS NEUTRON MENGGUNAKAN PROGRAM MCNP6” adalah hasil kerja saya dan sepengetahuan saya hingga saat ini belum pernah diajukan serta tidak berisi materi yang telah dipublikasikan oleh orang lain untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Universitas Sebelas Maret atau Perguruan Tinggi lainnya, kecuali telah dituliskan di daftar pustaka skripsi ini serta segala bentuk dukungan dan bantuan dari semua pihak telah ditulis di bagian ucapan terimakasih.

Surakarta, September 2020

Atika Nur Mufidah

MOTTO

"Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai kesanggupannya."
(Q.S. Al-Baqarah : 286)

“Ridho Allah bergantung pada ridho orang tua, dan murka Allah bergantung pada murka orang tua”
(H.R. At-Tirmizdi)

“Life is like riding a bicycle. To keep your balance, you must keep moving.”
(Albert Einstein)



PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan untuk :

1. Bapak, Ibu, Adik dan keluarga besar atas semua dukungan dan doa yang telah diberikan.
2. Bapak Drs. Suharyana, M.Sc dan Bapak Dr. Azizul Khakim, ST., M.Eng selaku pembimbing yang telah memberikan bimbingan, saran, dan dukungan.
3. Teman-teman Fisika angkatan 2016.



Perhitungan Koefisien Reaktivitas *Void* untuk Analisis Keselamatan TMSR-500 dan Pengaruhnya Terhadap Fluks Neutron Menggunakan Program MCNP6

ATIKA NUR MUFIDAH

Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sebelas Maret

ABSTRAK

Perhitungan koefisien reaktivitas *void* pada *Thorium Molten Salt Reactor* (TMSR-500) serta pengaruhnya terhadap fluks neutron telah dilakukan menggunakan MCNP6. *Void* atau kehampaan yang diakibatkan pemanasan bahan bakar, pada penelitian ini diasumsikan berasal dari densitas bahan bakar yang menurun. Variasi penurunan densitas bahan bakar yang digunakan adalah 10%-90% dengan rentang 10% yang menghasilkan nilai reaktivitas masing-masing sebesar (0,801±0,016; 1,549±0,015; 2,203±0,015; 2,717±0,015; 2,955±0,016; 2,662±0,015; 1,260±0,015; -3,032±0,015; -18,64±0,014) %Δk/k. Koefisien reaktivitas *void* bernilai positif sebesar (0,061±0,005) %Δk/k /%*void*. Hasil analisis menunjukkan fluks neutron di bahan bakar dan moderator dipengaruhi oleh ukuran *void*. Hasil reaktivitas *void* bernilai positif menyebabkan peningkatan spektrum energi neutron yang semakin besar karena peluang terjadinya fisi. Nilai k_{eff} TMSR-500 saat beroperasi dengan suhu 977K berada pada keadaan kritis yaitu sebesar (1,01804±0,00010).

Kata Kunci: TMSR-500, MCNP6, fluks neutron, koefisien reaktivitas *void*

Calculation of *Void Reactivity Coefficient* for Safety Analysis of TMSR-500 and Its Effect on Neutron Flux Using the MCNP6 Program

ATIKA NUR MUFIDAH

Physics Study Program, Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Sebelas Maret University

ABSTRACT

The calculation of the void coefficient reactivity on the Thorium Molten Salt Reactor (TMSR-500) and its effect on neutron flux was carried out using MCNP6 simulations. The voids caused by heating fuel, in this study, are assumed to come from the decreased fuel density. The variation of the reduction in fuel density used was 10%-90% with a range of 10% which resulted in reactivity values of (0,801±0,016; 1,549±0,015; 2,203±0,015; 2,717±0,015; 2,955±0,016; 2,662±0,015; 1,260±0,015; -3,032±0,015; -18,64±0,014) %Δk/k. The void reactivity coefficient is positive at (0,061±0,005) %Δk/k /%void. The analysis showed that the neutron flux in the fuel and the moderator was influenced by the size of the voids. The positive result of void reactivity causes a greater increase in the neutron energy spectrum due to the chance of fission. The TMSR-500 k_{eff} value when operating with a temperature of 977K is in a critical state (1,01804±0,00010).

Keywords: TMSR-500, MCNP6, neutron flux, void reactivity coefficient

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, hanya kepada-Nya lah penulis memuji dan bersyukur. Atas semua limpahan Rahmat dan Hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan penulisan Skripsi yang berjudul “Perhitungan Koefisien Reaktivitas *Void* Untuk Analisis Keselamatan TMSR-500 Dan Pengaruhnya Terhadap Fluks Neutron Menggunakan Program MCNP6” sebagai bagian dari syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains. Shalawat serta salam tak lupa penulis haturkan untuk junjungan nabi Muhammad SAW yang telah menyampaikan petunjuk Allah SWT sehingga penelitian beserta penulisan skripsi bisa terlaksana dengan lancar dan baik.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak luput dari kesalahan serta tidak lepas dari bimbingan, bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih sebanyak-banyaknya kepada :

1. Allah SWT, atas karunia-Nya yang telah memberi petunjuk, pertolongan serta kesempatan bagi penulis untuk dapat melaksanakan penelitian skripsi dengan baik.
2. Bapak, Ibu, Adik serta keluarga besar yang selalu mendukung serta mendoakan penulis.
3. Bapak Drs. Suharyana, M.Sc selaku pembimbing I dan Bapak Dr. Azizul Khakim, ST., M.Eng selaku pembimbing II yang senantiasa memberikan dukungan, bimbingan dan saran penuh kesabaran dalam proses pengerjaan Skripsi.
4. Ibu Dra. Riyatun., M.Si selaku dosen pembimbing grup riset medis dan nuklir yang memberikan dukungan dan arahan dalam proses pengerjaan Skripsi.
5. BAPETEN yang telah memberi fasilitas MCNP dan HPC.
6. Fahdila Rahma Lingga Manik selaku partner diskusi yang banyak membantu dalam proses pembuatan geometri dan berbagi keluh kesah selama proses pengerjaan skripsi, serta rekan grup riset medis nuklir.
7. Tika Alvianuri Arba dan Desvita Eka Setyawati, selaku sahabat yang selalu ada untuk mencurahkan keluh kesah, mendukung, mendoakan dan memberi semangat selama proses pengerjaan skripsi.

8. Semua rekan fisika 2016 yang telah memberikan doa dan dukungan.

Semoga Allah SWT senantiasa membalas segala kebaikan, dukungan, pengorbanan serta doa baik yang dipanjatkan untuk penulis. Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna, namun penulis berharap semoga karya ini bisa bermanfaat untuk teknologi kedepan terutama pada bidang reaktor nuklir.



Surakarta, September 2020

Atika Nur Mufidah

HALAMAN PUBLIKASI

Sebagian skripsi saya telah diterima dalam Seminar Keselamatan Nuklir (SKN) dengan judul “Void Reactivity Coefficient Analysis for Safety of TMSR-500 Using MCNP6” yang telah diselenggarakan oleh Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN), pada tanggal 26 Oktober 2020.



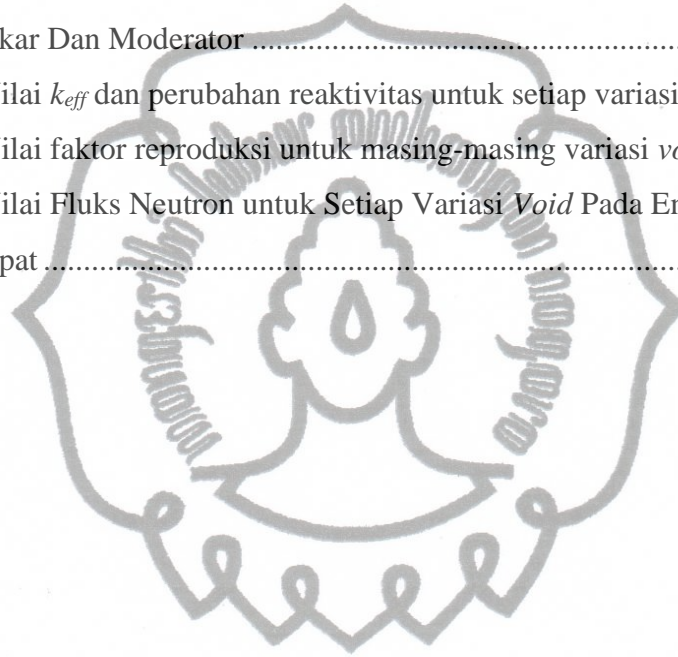
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
PERNYATAAN.....	v
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	x
HALAMAN PUBLIKASI	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Batasan Masalah.....	4
1.3. Perumusan Masalah.....	4
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II. LANDASAN TEORI.....	6
2.1 Reaktor Nuklir.....	6
2.2 Keselamatan Reaktor.....	6
2.3 Generasi Reaktor Nuklir.....	7
2.4 <i>Molten Salt Reactor</i> (MSR).....	9
2.5 Moderator Grafit	12
2.6 Interaksi Neutron dengan Material.....	12
2.7 Reaksi Fisi pada Reaktor Nuklir	14
2.8 Thorium.....	16
2.9 Reaktivitas dan Koefisien Reaktivitas.....	17
2.10 <i>Void</i> dan Koefisien Reaktivitas <i>Void</i>	19

2.11	<i>Monte Carlo N-Particle</i>	20
2.12	Faktor Multiplikasi Efektif.....	21
2.13	Pengaruh <i>Void</i> Terhadap Fluks Neutron	22
BAB III. METODE PENELITIAN.....		24
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	24
3.2	Alat dan Bahan	24
3.3	Prosedur Penelitian.....	25
3.4	Teknik Analisis Data	28
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN		29
4.1	Model Teras TMSR-500	29
4.2	Perhitungan k_{eff} Teras TMSR-500.....	30
4.3	Spektrum Energi pada TMSR-500.....	31
4.4	Koefisien Reaktivitas <i>Void</i>	33
4.5	Pengaruh <i>Void</i> Terhadap Spektrum Fluks Neutron.....	37
BAB V. PENUTUP.....		40
5.1	Kesimpulan.....	40
5.2	Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA		41
LAMPIRAN		45

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Keterangan karty tally pada MCNP	21
Tabel 3.1 Parameter input untuk geometri teras TMSR-500	26
Tabel 3.2 Variasi densitas bahan bakar dari fraksi <i>void</i>	27
Tabel 4.1 Nilai k_{eff} saat suhu 977K dihitung dari interpolasi antara suhu 900K dan 1200K.....	31
Tabel 4.2 Nilai Fluks Neutron Energi Termal Dan Energi Cepat Pada Sel Bahan Bakar Dan Moderator	32
Tabel 4.3 Nilai k_{eff} dan perubahan reaktivitas untuk setiap variasi fraksi <i>void</i> ...	34
Tabel 4.4 Nilai faktor reproduksi untuk masing-masing variasi <i>void</i>	36
Tabel 4.5 Nilai Fluks Neutron untuk Setiap Variasi <i>Void</i> Pada Energi Termal dan Cepat	38



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Evolusi Generasi Reaktor Nuklir	8
Gambar 2.2 Gambar Teras Dua Modul Silo Dalam TMSR-500	11
Gambar 2.3 Tampang Lintang Can Silo TMSR-500	11
Gambar 2.4 Rangkuman proses tumbukan neutron	13
Gambar 2.5 Nilai absolut energi ikat sebagai fungsi nomor massa A	14
Gambar 2.6 Potensial Energi Nuklir Sebagai Fungsi Jarak Antara 2 Fragmen	15
Gambar 2.7 Reaksi Fisi Berantai	15
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	25
Gambar 3.2 Sketas tampak melintang TMSR-500	27
Gambar 4.1 Gambar teras TMSR-500	29
Gambar 4.2	
a. Log bahan bakar	30
b. Log batang kendali	30
Gambar 4.3 Grafik spektrum energi neutron pada bahan bakar dan moderator TMSR-500	33
Gambar 4.4 Grafik hubungan antara fraksi <i>void</i> dengan reaktivitas	36
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Spektrum Energi Fluks Dengan Meningkatnya Fraksi <i>Void</i>	39