

**ESTIMASI INVENTORI PRODUK FISI HTTR PADA KONFIGURASI
BOLA BAHAN BAKAR HOMOGEN DAN HETEROGEN DENGAN
SOFTWARE MVP**



**ELMA AUDILA
M0213027**

SKRIPSI

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

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
Februari, 2018**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul : Estimasi Inventori Produk Fisi HTTR Pada
Konfigurasi Bola Bahan Bakar Homogen dan
Heterogen dengan *Software* MVP

Yang ditulis oleh :
Nama : Elma Audila
NIM : M0213027

Telah diujikan dan dinyatakan lulus oleh dewan penguji pada :
Hari : Kamis
Tanggal : 1 Februari 2018

Dewan Penguji :

1. Ketua Penguji
Dra. Riyatun, M.Si.
NIP. 19680226 199402 2 001
2. Sekretaris Penguji
Dr. Yofentina Iriani S.Si., M.Si.
NIP. 19711227 199702 2 001
3. Anggota Penguji 1
Drs. Suharyana, M.Sc.
NIP. 19680226 199402 2 001
4. Anggota Penguji 2
Dr. Azizul Khakim, S.T., M.Eng.
NIP. 19711224 199912 1 001



Disahkan pada tanggal 19-03-2018

Oleh

Kepala Program Studi Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Sebelas Maret

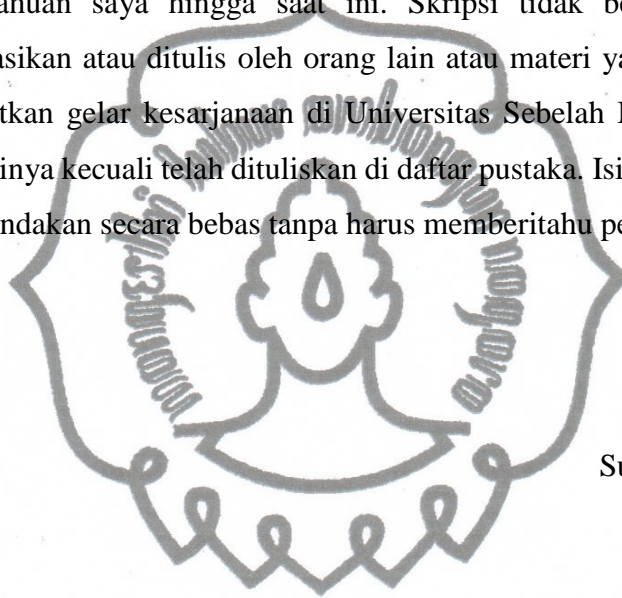


Dr. Fahu Nurosyid, S.Si., M.Si.

NIP. 19721013 200003 1 002

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi intelektual skripsi saya yang berjudul “Estimasi Inventori Produk Fisi HTTR Pada Konfigurasi Bola Bahan Bakar Homogen dan Heterogen dengan *Software* MVP” adalah hasil kerja saya dan sepengetahuan saya hingga saat ini. Skripsi tidak berisi materi yang telah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain atau materi yang telah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di Universitas Sebelah Maret atau di Perguruan Tinggi lainnya kecuali telah dituliskan di daftar pustaka. Isi Skripsi ini boleh dirujuk atau digandakan secara bebas tanpa harus memberitahu penulis.



Surakarta, 30 Januari 2018

Elma Audila

MOTTO

“Allah mencintai pekerjaan yang apabila bekerja ia menyelesaikannya dengan baik”

-HR. Thabrani

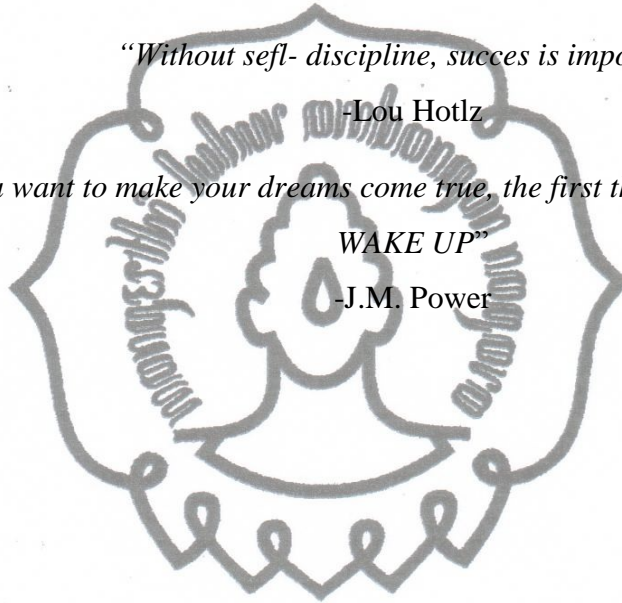
“Without self-discipline, success is impossible”

-Lou Hotz

“If you want to make your dreams come true, the first thing you have to do is

WAKE UP”

-J.M. Power



PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah swt, karya ini saya persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua, adik beserta segenap keluarga besar saya atas doa, kasih sayang dan dukungan materil dan moril demi kelancaran kuliah dan penyelesaian skripsi ini.
2. Drs. Suharyana, M.Sc. sebagai pembimbing I saya yang telah memberikan bimbingan dan motivasi dari awal hingga terselesaikannya skripsi ini.
3. Dr. Azizul Khakim, M.T. dari BAPETEN yang telah bersedia membimbing, berbagi ilmu dan memberikan pengarahan.
4. Dra. Riyatun, M.Si. beserta tim riset Fisika Nuklir dan Radiasi yang telah berbagi ilmu, serta bimbingannya.
5. Dr. Eng Budi Purnama, S.Si, M.Si sebagai Pembimbing akademik yang telah memberikan arahan selama masa perkuliahan.
6. Saiva dan Jakiyah teman yang berjuang bersama menyelesaikan skripsi, belajar dan berbagi ilmu.
7. Teman-teman Grup Riset Nuklir dan Radiasi serta teknisi Aziz yang berulang kali membantu dalam menginstal windows dan merakit PC
8. Teman-teman Entitas Mahasiswa Fisika 2013.
9. Almamater UNS tercinta.

Estimasi Inventori Produk Fisi HTTR Pada Konfigurasi Bola Bahan Bakar Homogen dan Heterogen Dengan *Software* MVP

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

ABSTRAK

Simulasi *burnup* reaktor jenis HTTR menggunakan *software* MVP telah dilakukan. Bahan bakar yang disimulasikan berbentuk blok prisma berisi *pebble* UO_2 berlapis TRISO dengan pengkayaan 6%. *Burnup* disimulasikan dari 1000 MWd/t sampai 35.000 MWd/t dengan 8 step pada daya konstan 30 MWth. Konfigurasi bahan bakar yang disimulasikan berbentuk homogen dan heterogen. Inventori hasil fisi yang ditinjau adalah kelompok xenon dan cesium. Diperoleh hasil simulasi nuklida hasil fisi untuk homogen ^{135}Xe sebesar $(9,361 \pm 0,021) \times 10^{14}$ Bq dan ^{137}Cs sebesar $(9,781 \pm 0,024) \times 10^{13}$ sedangkan untuk model heterogen masing – masing sebesar $(1,0969 \pm 0,0024) \times 10^{16}$ Bq dan $(1,1812 \pm 0,0024) \times 10^{15}$. Hasil simulasi menunjukkan konfigurasi heterogen menghasilkan produk fisi lebih tinggi.

Kata kunci: HTTR, *burnup*, ^{135}Xe , ^{137}Cs , blok prisma, *pebble* UO_2

Estimation of HTTR Fission Product Release with Homogeneous and Heterogeneous Fuel Configuration using MVP Software

Elma Audila

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

ABSTRACT

Burnup simulation of HTTR had been performed using MVP software. The type of fuel was prismatic blocks contain of UO_2 pebbles coated by TRISO with 6% enrichment. Burnup was simulated from 1,000 MWd/t to 35,000 MWd/t with 8 steps at constant power 30 MWth. Fuel configurations of this simulation were homogenous and heterogeneous. The fission products reviewed were xenon and cesium groups. The result of nuclides fission product for homogeneous ^{135}Xe was $(9,361 \pm 0,021) \times 10^{14}$ Bq and ^{137}Cs was $(9,781 \pm 0,024) \times 10^{13}$ while for heterogeneous were $(1,0969 \pm 0,0024) \times 10^{16}$ Bq and $(1,1812 \pm 0,0024) \times 10^{15}$ respectively. The simulation results showed that the heterogeneous configuration had higher activity value than the homogeneous one.

Key word : HTTR, burnup, ^{135}Xe , ^{137}Cs , prismatic blocks, UO_2 pebbles

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala limpahan nikmat dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Skripsi yang penulis susun sebagai bagian dari syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains ini penulis beri judul “Estimasi Inventori Produk Fisi HTTR Pada Konfigurasi Bola Bahan Bakar Homogen dan Heterogen dengan *Software* MVP. Dengan segala suka duka yang dialami, pada akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Drs. Suharyana M.Sc selaku pembimbing I yang senantiasa membimbing dan motivasi hingga skripsi ini dapat terselesaikan.
2. Dr. Azizul Khakim, M.T, selaku pembimbing II yang senantiasa membimbing dan mengarahkan hingga skripsi ini dapat terselesaikan.
3. Segenap Dosen & Staf Jurusan Fisika yang telah banyak membantu dan memberikan bimbingan selama perkuliahan.
4. Kedua orang tua dan keluarga besar, atas doa, dukungan, dan segala bantuannya sejak penulis menjadi mahasiswa hingga akhirnya bisa menyelesaikan skripsi ini.
5. Teman-teman grup riset Fisika Nuklir dan Radiasi yang senantiasa bertukar ilmu.

Semoga Tuhan membalas jerih payah dan pengorbanan yang telah diberikan dengan balasan yang lebih baik. Penulis menyadari akan banyaknya kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Namun demikian, penulis berharap semoga karya kecil ini bermanfaat.

Surakarta, 30 Januari 2018

Elma Audila

HALAMAN PUBLIKASI

Sebagian skripsi saya yang berjudul “Estimasi Inventori Produk Fisi HTTR Pada Konfigurasi Bola Bahan Bakar Homogen dan Heterogen Dengan *Software* MVP” telah di submit pada repository Perpustakaan Universitas Sebelas Maret pada 16 Maret 2018.



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN	iii
MOTTO	iv
PERSEMBAHAN	v
HALAMAN ABSTRAK	vi
HALAMAN ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
HALAMAN PUBLIKASI	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR SIMBOL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Batasan Masalah.....	5
1.3. Perumusan Masalah.....	5
1.4. Tujuan Penelitian.....	5
1.5. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Interaksi Neutron dengan Materi.....	7
2.2. Reaksi Fisi	8
2.3. Produk Fisi	9
2.4. Siklus Hidup Neutron.....	12
2.5. Reaktivitas	16
2.6. Radioaktivitas	16
2.7. Reaktor	17
2.8. HTTR.....	19
2.8.1. Bahan Bakar.....	22
2.8.2. Batang Kendali	23
2.9. <i>Burnup</i>	23

2.10. Metode Monte Carlo dan MVP-Burn.....	24
2.10.1 MVP.....	24
2.10.2. MVP-BURN	25
BAB III METODE PENELITIAN	27
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	27
3.2. Alat dan Bahan	27
3.3.1. Penginstalan <i>code</i> MVP.....	29
3.3.2. Pembuatan model HTTR	29
3.3.3. <i>Running</i> HTTR	30
3.3.4. Variasi Konfigurasi Bahan Bakar.....	30
3.3.5. <i>Burnup</i> Program.....	30
3.4. Teknik Analisis Data	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1. Model HTTR.....	32
4.2. <i>Running</i> Program.....	33
4.3. Variasi Konfigurasi Bahan Bakar.....	34
4.4. Lepasn Produk Fisi dari Elemen Bahan Bakar	35
BAB V PENUTUP	41
5.1. Kesimpulan.....	41
5.2. Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN.....	45

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Parameter desain utama HTTR	20
Tabel 2.2. Spesifikasi bahan bakar HTTR	22
Tabel 4.1. Perbandingan nilai k_{eff}	33
Tabel 4.2. Perbandingan hasil inventori radionuklida HTTR	36



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Reaksi fisi berantai pada teras reaktor.....	8
Gambar 2.2. Distribusi nuklida hasil fisi	10
Gambar 2.3 Siklus hidup neutron	15
Gambar 2.4. Skema HTTR	21
Gambar 2.5. Struktur elemen bahan bakar HTTR	23
Gambar 2.6. Model rantai <i>burnup</i> uranium	25
Gambar 2.7. Model rantai <i>burnup</i> ^{235}U	26
Gambar 3.1. Skema penelitian	28
Gambar 3.2. Tampang lintang <i>fuel rod</i> HTTR bidang XZ	29
Gambar 4.1 Tampang lintang geometri <i>fuel rod</i> HTTR bidang XZ	32
Gambar 4.2. Tampang lintang <i>fuel rod</i> homogen HTTR bidang XZ.....	34
Gambar 4.3. Aktivitas nuklida fisi HTTR konfigurasi bahan bakar homogen.....	36
Gambar 4.4. Aktivitas nuklida fisi HTTR konfigurasi bahan bakar heterogen.....	37
Gambar 4.5. Aktivitas nuklida fisi kelompok cesium konfigurasi heterogen	38

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
k_{∞}	Rumus empat Faktor
ε	Faktor fisi cepat
f	Faktor pemakaian neutron termal
p	Faktor kemampuan lolos resonansi
η	Faktor reproduksi
\mathcal{L}_f	Faktor ketidkebocoran neutron cepat
\mathcal{L}_t	Faktor ketidkebocoran neutron termal
k_{eff}	Faktor multiplikasi efektif
N	Jumlah neutron
N_o	Jumlah neutron pada generasi sebelumnya
N_{oa}	Neutron yang diserap
N_{ol}	Neutron yang bocor
ρ	Reaktivitas
λ	Konstanta peluruhan radioaktivitas
$t_{1/2}$	Waktu paruh
N	Jumlah atom nuklida
A	Aktivitas nuklida
γ_j	Fraksi fisi
σ	Tampang lintang transmudasi