

**ANALISIS NILAI KOEFISIEN REAKTIVITAS SUHU BAHAN BAKAR
DAN MODERATOR PADA HTR-10**



RADINA QISMA JABAR SASMITA

M0213073

SKRIPSI

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

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

Juli, 2017

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul : Analisis Nilai Koefisien Reaktivitas Suhu Bahan Bakar dan Moderator pada HTR-10

Yang ditulis oleh :

Nama : Radina Qisma Jabar Sasmita

NIM : M0213073

Telah diuji dan dinyatakan lulus oleh dewan penguji pada

Hari : Senin

Tanggal : 17 Juli 2017

Dewan Penguji :

1. Ketua Penguji

Drs. Riyatun, M.Si

NIP. 19680226 199402 2 001

.....

2. Sekretaris Penguji

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

NIP19700610 200003 1 001

.....

3. Anggota Penguji I

Drs. Suharyana, M. Sc

NIP. 19611217 198903 1 003

.....

4. Anggota Penguji II

Dr. Azizul Khakim, S.T. M.Eng

NIP.1971 1224 1999121 00

.....



Disahkan pada tanggal...

Oleh

Kepala Program Studi Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Sebelas Maret Surakarta

Dr. Fahru Nurosyid, S.Si., M.Si

NIP. 19721013 200003 1 002

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa isis intelektual Skripsi saya yang berjudul “Analisis Nilai Koefisien Reaktivitas Suhu Bahan Bakar dan Moderator pada HTR-10” adalah hasil kerja saya dan sepengetahuan saya hingga saat ini Skripsi tidak berisi materi yang telah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di Universitas Sebelas Maret atau di Perguruan Tinggi lainnya kecuali telah dituliskan di bagian terima kasih. Isi skripsi ini boleh dirujuk atau diphotocopy secara bebas tanpa memberitahu penulis.

Surakarta, 5 Juli 2017

RADINA QISMA JABAR SASMITA

MOTTO

Kegagalan hanya terjadi bila kita menyerah

B.J. Habibie

Jangan banyak mencari banyak, carilah berkah. Banyak bisa didapat dengan hanya meminta. Tapi memberi akan mendatangkan berkah.

Gus Mus

Ilmu itu lebih baik daripada harta. Ilmu akan menjaga engkau dan engkau menjaga harta. Ilmu itu hakim, sedangkan harta terhukum. Harta akan berkurang apabila dibelanjakan, tetapi ilmu akan terus bertambah bila diberikan.

Ali bin Abi Thalib

Do the best, reach the best but don't feel the best

PERSEMBAHAN

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

1. Kedua orang tua, adik-adik, beserta segenap keluarga besar saya yang senantiasa mendoakan dan memberi dukungan kepada saya.
2. Pak Suharyana sebagai pembimbing I saya yang telah bersedia membimbing sampai selesainya skripsi ini.
3. Bapak Azizul Khakim dari BAPETEN sebagai pembimbing II yang telah bersedia membimbing serta memberi pelatihan mengenai software MVP.
4. Bu Riyatun beserta teman-teman Grup Riset Nuklir dan Radiasi, Aulia, Rara, Yunita, Uswah, Hanifah, Feni, Ajeng, Dian, Wara, Desintha, dan Sakti yang telah bersedia berbagi ilmu.
5. Pembimbing akademik, Bapak Risa Suryana yang telah memberikan arahan.
6. Bapak H.M. Dian Nafi' serta Ibu Murtafiah Mubarokah selaku guru yang telah memotivasi serta mendoakan untuk kelancaran dalam penyelesaian skripsi saya.
7. Arum, Desintha, Lela, Ipeh, Dian, Annashr, dan Silvi
8. Keluarga besar Pondok Pesantren Al Muayyad Cabang Windan
9. Teman-teman EMF 2013.
10. Keluarga besar Fisika FMIPA UNS

Analisis Perhitungan Nilai Koefisien Reaktivitas Suhu Bahan Bakar dan Moderator pada HTR-10

Radina Qisma Jabar Sasmita

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

ABSTRAK

Telah dilakukan simulasi reaktor jenis HTR-10 menggunakan software MVP. Bahan bakar HTR-10 berupa UO_2 yang kemudian dilapisi dengan lapisan TRISO. Pada penelitian ini pengkayaan bahan bakar sebesar 17%. Moderator serta reflektor bermaterial grafit. Simulasi pada penelitian ini dilakukan variasi suhu pada bahan bakar serta moderator. Hasil variasi tersebut berupa perubahan nilai k_{eff} yang akan digunakan untuk menghitung perubahan reaktivitas ($\Delta\rho$) serta nilai koefisien reaktivitas suhu bahan bakar (α_{TB}), serta koefisien reaktivitas suhu moderator (α_{TM}). Hasil penelitian menunjukkan nilai α_{TB} dan α_{TM} bernilai negatif, yaitu α_{TB} , sebesar $(-6,2 \pm 0,2) \times 10^{-5} \Delta k/k K^{-1}$ dan α_{TM} sebesar $(-6,0 \pm 0,2) \times 10^{-5} \Delta k/k K^{-1}$. Status keamanan HTR-10 ditinjau dari nilai koefisien reaktivitas suhu bahan bakar serta moderator dapat dikatakan aman. Hal tersebut dikarenakan nilai keduanya menunjukkan nilai negatif.

Analysis Fuel and Moderator Coefficient of Reactivity in HTR-10

Radina Qisma Jabar Sasmita

Physics Department, Faculty of Mathematics and Natural Sciences Sebelas Maret
University

ABSTRACT

Simulation of HTR-10 have been performed using code MVP. The purpose of this simulation is to determine the coefficient reactivity of fuel and moderator HTR-10. HTR-10 fuel is UO_2 which is layered by TRISO. Enrichment of HTR-10's fuel is 17 %. Material of moderator and reflector are graphite. Variation of this simulation is about temperature variation of fuel and moderator. the result of that variation is decrease of k_{eff} value. From k_{eff} value, and then can be calculated the changes of reactivity value ($\Delta\rho$) and the the coefficient reactivity of fuel temperature (α_{TB}), and coefficient reactivity of moderator temperature (α_{TM}). α_{TB} and α_{TM} shown negative value, α_{TB} is $(-6,2 \pm 0,2) \times 10^{-5} \Delta k/k K^{-1}$ and α_{TM} is about $(-6,0 \pm 0,2) \times 10^{-5} \Delta k/k K^{-1}$. The safety status of HTR-10 in terms of fuel and moderator coefficient of reactivity is safe. This is because the value of both shows a negative value.

Keyword : *HTR-10, coefficient reactivity, fuel, moderator*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala limpahan nikmat dan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Skripsi. Shalawat dan salam senantiasa penulis haturkan kepada Rasulullah SAW sebagai pembimbing seluruh umat manusia.

Skripsi yang penulis susun sebagai bagian dari syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains ini, penulis beri judul “Analisis Perhitungan Nilai Koefisien Reaktivitas Suhu pada Beberapa Komponen Reaktor pada HTR-10”. terselesaikannya skripsi ini adalah suatu kebahagiaan bagi saya. Setelah sekitar satu semester penulis harus berjuang untuk bias menyelesaikan Skripsi ini tepat waktu. Dengan segala suka dan duka, pada akhirnya Skripsi ini terselesaikan juga. Kepada berbagai pihak yang telah membantu penulis menyelesaikan Skripsi ini penulis ucapkan terima kasih. Atas bantuannya yang sangat besar selama proses pengerjaan Skripsi ini, ucapan terima kasih secara khusus penulis sampaikan kepada :

1. Bapak Drs. Suharyana, M.Sc., selaku pembimbing I
2. Bapak Dr. Azizul Khakim, S.T., M.Eng., selaku Pembimbing II
3. Rekan-rekan Grup Riset Nuklir dan Radiasi

Semoga Allah SWT membalas jerih payah dan pengorbanan yang telah diberikan dengan balasan yang lebih baik. Aamiin.

Penulis menyadari akan banyaknya kekurangan dalam penulisan Skripsi ini. Namun demikian, penulis berharap semoga karya ini dapat bermanfaat.

Surakarta, 5 Juli 2017

Radina Qisma Jabar Sasmita

PUBLIKASI

Makalah skripsi saya yang berjudul “Analisi Nilai Koefisien Reaktivitas Suhu Bahan Bakar ” telah *submit* pada repository UNS dengan URL sebagai berikut:
<https://digilib.uns.ac.id/dokumen/download/57902/MjY0MzIy/Analisis-nilai-koefisien-reaktivitas-suhu-bahan-bakar-pada-HTR-10-abstrak.pdf>

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN 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	1
1.2. Batasan Masalah.....	4
1.3. Perumusan Masalah	4
1.4. Tujuan Penelitian	5
1.5. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Interaksi Neutron dengan Materi	6
2.1.1. Hamburan.....	6
2.1.1.1. Hamburan Elastis	6
2.1.1.2. Hamburan Tidak Elastis	6
2.1.2. Reaksi Serapan	7
2.1.2.1. Tangkapan Radiatif	7
2.1.2.2. Lontaran Partikel	7
2.1.2.3. Fisi.....	7
2.2. Reaksi Fisi	8
2.2.1. Reaksi Fisi Berantai	9
2.2.2. Tampang Lintang Mikroskopis Fisi	9
2.3. Tampang Lintang Makroskopis.....	11
2.4. Fluks Neutron	12
2.5. Spektrum Energi Neutron	13
2.6. Laju Reaksi	14
2.7. Rumus Enam Faktor	14
2.8. Reaktivitas dan Koefisien Reaktivitas	18
2.8.1. Koefisien Reaktivitas.....	18
2.9. Koefisien Reaktivitas Suhu Bahan Bakar.....	19
2.10. Koefisien Reaktivitas Suhu Moderator	19
2.11. <i>Doppler Broadening</i>	19
2.12. Reaktor	20
2.12.1. Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN)	22
2.13. Reaktor Generasi ke Generasi	22

2.14. <i>High Temperature Reactor 10 MW (HTR-10)</i>	24
2.14.1. Bahan Bakar	25
2.14.2. <i>Pebble Bed</i>	26
2.14.3. Batang Kendali	27
2.14.4. Moderator dan Pendingin	27
2.14.5. Reflektor.....	27
2.15. MVP	27
BAB III METODE PENELITIAN	29
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	29
3.2. Alat dan Bahan	29
3.3. Prosedur Penelitian	29
3.3.1. Tahap Persiapan	30
3.3.2. Pembuatan Input	31
3.3.3. <i>Benchmarking</i>	32
3.3.4. Variasi Terhadap Dua Parameter	33
3.3.5. Perhitungan Nilai Reaktivitas dan Koefisien Reaktivitas	34
3.4. Analisa Hasil.....	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1. Model HTR-10 menggunakan MVP	34
4.2. <i>Benchamrking</i>	35
4.3. Variasi suhu bahan bakar dengan suhu moderator tetap	35
4.4. Variasi suhu moderator dan suhu bahan bakar	36
4.5. Perhitungan Reaktivitas dan Koefisien Reaktivitas.....	38
4.6. Analisis	40
BAB V PENUTUP	43
5.1. Kesimpulan	43
5.2. Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	48

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1. Hasil validasi HTR-10	35
Tabel 4.2. Nilai koefisien reaktivitas suhu pada beberapa parameter.....	39
Tabel L.1.1. Perubahan k_{eff} pada variasi suhu bahan bakar	48
Tabel L.1.2. Perubahan k_{eff} pada variasi suhu moderator dan bahan bakar..	48
Tabel L.1.3 Perhitungan Fraksi mol bahan bakar	49
Tabel L.1.4. Perhitungan Densitas tiap bagian TRISO	49
Tabel L.1.5. Perhitungan massa unsur pada tiap lapisan	50
Tabel L.1.6. Densitas pada tiap unsur	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Proses Fisi Nuklir	8
Gambar 2.2. Reaksi Fisi Uranium.....	9
Gambar 2.3. Tampang lintang fisi ^{235}U	10
Gambar 2.4. Tampang lintang fisi ^{238}U	10
Gambar 2.5. Tampang lintang ^{238}U	11
Gambar 2.6. Spektrum neutron pada reaktor termal	14
Gambar 2.7. Siklus hidup neutron pada $k_{eff} = 1$	17
Gambar 2.8. <i>Doppler broadening</i> : perubahan tampang lintang terhadap suhu. 20	
Gambar 2.9. Tampang lintang HTR-10	25
Gambar 2.10. Bahan bakar berbentuk <i>pebble</i>	26
Gambar 3.1. Skema penelitian	31
Gambar 3.2. Tampang lintang HTR-10	33
Gambar 4.1. Model HTR-10 (a) Bidang XZ (b) Bidang XY.....	34
Gambar 4.2. Grafik pengaruh suhu bahan bakar terhadap k_{eff}	36
Gambar 4.3. Grafik pengaruh suhu moderator dan bahan bakar terhadap k_{eff} 37	
Gambar 4.4. Geometri HTR-10 pada suhu tertinggi 2043 K (a) Bidang XZ pada Bahan Bakar (b) Bidang XY pada Bahan Bakar (c) Bidang XZ pada Moderator (d) Bidang XY pada Moderator.	38
Gambar 4.5. Grafik Hubungan suhu bahan bakar terhadap reaktivitas	39
Gambar 4.6. Grafik Hubungan suhu moderator terhadap reaktivitas	39
Gambar 4.7. Spektrum neutron pada perubahan suhu bahan bakar	41
Gambar 4.8. Spektrum neutron pada perubahan suhu moderator	42

DAFTAR SIMBOL

σ_f	: Tampang Lintang Mikroskopis Fisi
σ_s	: Tampang lintang hamburan elastis
σ_γ	: Tampang lintang tangkapan radiatif
σ	: Tampang lintang mikroskopis
Σ_{total}	: Tampang lintang total makroskopis
ϕ	: Fluks Neutron
$\phi(E)$: Spektrum energi fluks neutron
R	: Laju Reaksi
k_{eff}	: Faktor multiplikasi efektif
ε	: Faktor fisi cepat
p	: Probabilitas lolos resonansi
f	: Faktor Utilitas Termal
η	: Faktor Reproduksi
L_f	: Kebolehjadian neutron cepat tidak bocor
L_t	: Kebolehjadian neutron lambat tidak bocor
ρ	: Reaktivitas
α_x	: Koefisien reaktivitas karena faktor x
#	: Jumlah