

**DISTRIBUSI KONSENTRASI RADIONUKLIDA ^{137}CS DAN
 ^{90}SR DI UDARA DAN DOSIS EFEKTIF RADIASI SEBAGAI
DAMPAK KECELAKAAN REAKTOR KARTINI
YOGYAKARTA BERDASARKAN SIMULASI
MENGUNAKAN PC-COSYMA**



Disusun Oleh:

HANIFAH NUR SYAFITRI

M0213040

SKRIPSI

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

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
Agustus, 2017**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul: Distribusi Konsentrasi Radionuklida ^{137}Cs dan ^{90}Sr di Uda dan Dosis Efektif Radiasi sebagai Dampak Kecelakaan Reaktor Kartini Yogyakarta berdasarkan Simulasi Menggunakan PC-COSYMA

Yang ditulis oleh:




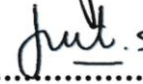
Nama : Hanifah Nur Syafitri
NIM : M0213040

Telah diuji dan dinyatakan lulus oleh dewan penguji pada:

Hari : Selasa
Tanggal : 1 Agustus 2017

Anggota Tim Penguji :

1. Ketua Penguji
Dr. Fuad Anwar, S.Si, M.Si
NIP. 19700610 200003 1 001
2. Sekretaris Penguji
Budi Legowo, S.Si, M.Si
NIP. 19730510 199903 1 002
3. Anggota Penguji 1
Drs. Suharyana, M.Sc.
NIP. 19611217 198903 1 003
4. Anggota Penguji 2
Dr. Diah Hidayanti, S.T, M.T
NIP. 19810114 200501 2 001

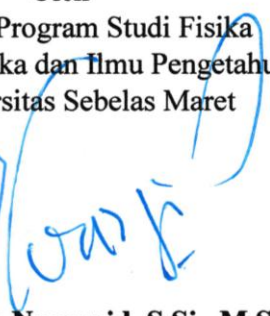

.....

.....

.....

.....

Disahkan pada tanggal 15-09-2017

Oleh

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




Dr. Fahru Nurosyid, S.Si., M.Si
NIP. 19721013 200003 1 002

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi skripsi saya yang berjudul “Distribusi Konsentrasi Radionuklida ^{137}Cs dan ^{90}Sr di Udara dan Dosis Efektif Radiasi Sebagai Dampak Kecelakaan Reaktor Kartini Yogyakarta Berdasarkan Simulasi Menggunakan PC-COSYMA” adalah hasil kerja saya dan sepengetahuan saya hingga saat ini. Skripsi tidak berisi materi yang telah diajukan mendapat gelar kesarjanaan di Universitas Sebelas Maret atau di Perguruan Tinggi lainnya kecuali telah dituliskan di bagian ucapan terima kasih. Isi skripsi ini boleh dirujuk atau diphotocopy secara bebas tanpa memberitahu penulis.

Surakarta, 29 Juli 2017

HANIFAH NUR SYAFITRI

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”

(Q.S. Al- Baqarah : 286)

“Karena sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan.”

(Q.S. Al-Insyiroh : 5-6)

“Kebanggaan kita terbesar bukan karena tidak pernah gagal, tetapi bangkit kembali ketika jatuh”

(Confusius)

PERSEMBAHAN

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

1. Bapak dan Ibu yang selalu memberikan doa, dukungan, semangat, dan kasih sayang yang tiada henti.
2. Seluruh keluarga besar, yang juga turut mendoakan dan tak henti memberi semangat.
3. Bapak Drs. Suharyana, M.Sc dan Ibu Dr. Diah Hidayanti, S.T, M.T yang telah membimbing saya dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Dra. Riyatun, M.Si yang telah berbagi ilmu dan pengalaman.
5. Rekan-rekan Grup Riset Nuklir dan Radiasi, Desintha, Qisma, Feni, Ajeng, Aulia, Uswa, Rara, Dian, Wara, Arum dan Yunita yang telah mau menularkan ilmunya dalam berdiskusi serta saling menularkan semangat.
6. Dek Hana dan Dek Hasya yang selalu memberikan doa, dukungan, dan semangat ketika merasa lelah.
7. Mas Didik D yang ikut memberikan semangat.
8. Teman-temanku EMF Fisika Angkatan 2013
9. Kakak dan adik tingkat yang selalu memberikan bantuan, semangat, dan doa agar dapat menyelesaikan skripsi dengan tepat waktu.
10. Puri Peri, khususnya Lathifah, Maulidiah, dan Aisyah yang selalu memberi dukungan, semangat dan menorehkan canda tawa.

Distribusi Konsentrasi Radionuklida ^{137}Cs dan ^{90}Sr di Udara dan Dosis Efektif Radiasi Sebagai Dampak Kecelakaan Reaktor Kartini Yogyakarta Berdasarkan Simulasi Menggunakan PC-COSYMA

Hanifah Nur Syafitri

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

Telah dilakukan simulasi kecelakaan reaktor Kartini dengan *software* PC-COSYMA. Simulasi ini bertujuan untuk mengetahui dampak yang terjadi pada reaktor Kartini ditinjau dari distribusi konsentrasi radionuklida ^{137}Cs dan ^{90}Sr di udara dan dosis efektif radiasi. Kecelakaan ini disimulasikan dengan melelehnya sejumlah bahan bakar yaitu 6, 16, 34, 57, dan 69 elemen bakar. Pada proses menggunakan ORIGEN2, reaktor dioperasikan selama 897 hari, dengan total 69 elemen bakar, daya maksimum 250 kW. Setelah itu, dilakukan simulasi kecelakaan reaktor dengan PC-COSYMA. Data yang diperlukan berupa kecepatan udara 5,28 m/s, stabilitas atmosfer saat keadaan sangat tidak stabil, arah angin 135° , jarak 60 km, dan kepadatan penduduk sebanyak 2570 jiwa/km². Hasil simulasi pada variasi 69 pada jarak 0,25 km elemen bakar menunjukkan nilai konsentrasi tertinggi yaitu pada ^{137}Cs $(2,14 \pm 0,015) \times 10^4 \text{ Bq/m}^3$ dan pada ^{90}Sr $(2,08 \pm 0,01) \times 10^4 \text{ Bq/m}^3$. Nilai tersebut melebihi batas yang diijinkan. Oleh karena itu, dosis yang diterima masyarakat juga cukup tinggi yaitu 1,17 mSv. Dosis tersebut melebihi batas yang diijinkan, sehingga diperlukan tindakan penanggulangan.

Kata kunci: aktivitas, konsentrasi udara, deterministik, dampak radiologi.

Distribution Radionuclide Concentration ^{137}Cs dan ^{90}Sr in the Air and Effective Radiation Dose as Effect Nuclear Accident Based Simulation Using PC-COSYMA

Hanifah Nur Syafitri

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

ABSTRACT

Simulation about accident nuclear of Kartini reactor has been done by using PC-COSYMA. This simulation aims to knows the possible impact that can happen in Kartini reactor reviewed from distribution radionuclide concentration of ^{137}Cs dan ^{90}Sr in the air and effective radiation dose. The simulation of nuclear accident has been done with varying melted fuel element, namely 6, 16, 34, 57, and 69 fuel elements. On process using ORIGEN, the operation time of reactor 897 day, the total fuel element that 69 fuel element, the maximum power is 250 kW. After it, then doing simulation about reactor accident by PC-COSYMA. Its need data about wind speed 5.28 m/s, stability atmosfer on extremely unstable, wind direction used 135° , the radii is 60 km, and population density is 2570 person/km². The result from simulation on variation 69 fuel elements on radii 0.25 km shows the highest concentration its ^{137}Cs $(2.14 \pm 0.015) \times 10^4 \text{ Bq/m}^3$ and ^{90}Sr $(2.08 \pm 0.01) \times 10^4 \text{ Bq/m}^3$. That value is highest that permitted limit. After that the dose that receive by people also have a highest value its 1.17 Sv. The value of dose also highest from limit dose value, then its need counter measure step.

Keywords: activity, air concentration, deterministic, radiology effect.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allaah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya berupa ilmu, inspirasi, kesehatan, dan keselamatan. Atas kehendak-Nya peneliti dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Distribusi Konsentrasi Radionuklida ^{137}Cs dan ^{90}Sr di Udara dan Dosis Efektif Radiasi Sebagai Dampak Kecelakaan Reaktor Kartini Yogyakarta Berdasarkan Simulasi Menggunakan PC-COSYMA”**.

Skripsi ini disusun sebagai persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana pada Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret Surakarta. Peneliti menyadari bahwa terselesaikannya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan pengarahan dari berbagai pihak. Untuk itu, peneliti menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Fahru Nurosyid, S.Si, M.Si. Selaku Kepala Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Bapak Drs. Suharyana M.Sc, selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dalam penyusunan Skripsi ini.
3. Ibu Dr. Diah Hidayanti S.T, M.T, selaku Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dalam penyusunan Skripsi ini.
4. Ibu Dra. Riyatun. Selaku Dosen Pembimbing Grup Riset Nuklir dan Radiasi.
5. Semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini. Semoga amal baik semua pihak tersebut mendapatkan imbalan dari Allah SWT.

Peneliti menyadari skripsi yang telah dikerjakan ini masih banyak kekurangan. Akan tetapi, penulis berharap semoga Skripsi ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Surakarta, 29 Juli 2017

Hanifah Nur Syafitri

PUBLIKASI

Makalah skripsi saya yang berjudul “Distribusi Konsentrasi Radionuklida ^{137}Cs dan ^{90}Sr di Udara dan Dosis Efektif Radiasi Sebagai Dampak Kecelakaan Reaktor Kartini Yogyakarta Berdasarkan Simulasi Menggunakan PC-COSYMA” telah di submit pada repository UNS dengan URL sebagai berikut:

<https://digilib.uns.ac.id/dokumen/detail/57905Analisis-konsentrasi-udara-akibat-kecelakaan-rekator-kartini-ditinjau-variasi-bahan-bakar-yang-meleleh-dengan-software-PC-cosyma>

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	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	xi
DAFTAR SIMBOL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Batasan Masalah	3
1.3. Perumusan Masalah	4
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Reaktor Nuklir	5
2.1.1. Reaktor Kartini	5
2.2. Reaksi Fisi	8
2.3. Karakteristik Radionuklida Hasil Fisis	10
2.4. Radioaktivitas	11
2.5. Paparan dan Dosis	12
2.5.1. Paparan	12
2.5.2. Dosis Serap (D)	12
2.5.3. Dosis Ekuivalen	12
2.5.4. Dosis Efektif	13
2.6. Interaksi Radiasi terhadap Tubuh	14
2.7. Klasifikasi Efek Radiasi pada Tubuh	16
2.8. Jatuhan Radioaktif	17
2.9. PC-COSYMA	18
3.0. ORIGEN2	20
3.1. Tindakan Protektif	21
3.2. Badan Pengawas Tenaga Nuklir	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	23
3.2. Alat dan Bahan	23
3.3. Prosedur Penelitian	23
3.3.1. Perhitungan Massa Elemen Bahan Bakar UZrH	26
3.3.2. <i>Software</i> ORIGEN2	26

3.3.2.1. Persiapan <i>file</i> Paket ORIGEN2	26
3.3.2.2. Pembuatan <i>Input</i>	26
3.3.2.3. Proses <i>Running</i>	27
3.3.2.4. Hasil Perhitungan ORIGEN2	28
3.3.3. <i>Software</i> PC-COSYMA	28
3.3.3.1. Pembuatan <i>Input Interface</i>	29
3.3.3.2. Hasil Simulasi PC-COSYMA.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1. Perhitungan Massa Bahan Bakar UZrH	32
4.2. Hasil Perhitungan ORIGEN2	32
4.3. Hasil Perhitungan PC-COSYMA	34
BAB V PENUTUP	44
5.1. Simpulan	44
5.2. Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Dimensi kisi reaktor TRIGA.....	6
Tabel 2.2. Spesifikasi bahan bakar reaktor Kartini	6
Tabel 2.3. Jumlah elemen bakar UZrH tiap <i>ring</i> pada teras reaktor Kartini	8
Tabel 2.4. Pancaran radiasi radionuklida	11
Tabel 2.5. Nilai Faktor Bobot Radiasi	13
Tabel 2.6. Kategori kelas stabilitas Pasquill-Gifford	20
Tabel 4.1. Perhitungan massa variasi elemen bakar	32
Tabel 4.2. Nilai aktivitas radionuklida	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Konfigurasi teras reaktor Kartini	7
Gambar 2.2. Pembagian <i>ring</i> pada teras reaktor Kartini	8
Gambar 2.3. Grafik Hasil Fisi ^{235}U terhadap Nomor Massa	9
Gambar 2.4. Susunan Kromosom	15
Gambar 2.5. Skema Efek Radiasi terhadap Sel	16
Gambar 2.6. Skema terjadinya jatuhnya radioaktif	18
Gambar 3.1. Diagram alir <i>software</i> ORIGEN	24
Gambar 3.2. Diagram alir <i>software</i> PC-COSYMA	25
Gambar 3.3. Pembagian sektor	30
Gambar 3.4. Arah mata angin	30
Gambar 3.5. Arah angin bulan Juni	31
Gambar 4.1. <i>Output software</i> ORIGEN2 69 elemen bakar	33
Gambar 4.2. <i>Output</i> konsentrasi ^{137}Cs pada 69 elemen bakar sektor 1 hingga sektor 10	35
Gambar 4.3. <i>Output</i> konsentrasi ^{137}Cs pada 69 elemen bakar sektor 11 hingga sektor 16	35
Gambar 4.4. <i>Output</i> dosis hasil <i>running</i> PC-COSYMA pada 69 elemen bakar sektor 1 hingga 10	36
Gambar 4.5. <i>Output</i> dosis hasil <i>running</i> PC-COSYMA pada 69 elemen bakar sektor 11 hingga 16	36
Gambar 4.6. Grafik hubungan konsentrasi ^{137}Cs terhadap jarak 60 km	37
Gambar 4.7. Grafik hubungan konsentrasi ^{90}Sr terhadap jarak 60 km	37
Gambar 4.8. Grafik hubungan konsentrasi ^{137}Cs terhadap jarak 10 km	38
Gambar 4.9. Grafik hubungan konsentrasi ^{90}Sr terhadap jarak 10 km	38
Gambar 5.0. Grafik Distribusi konsentrasi ^{137}Cs sebagai Fungsi dari Sektor dan Jarak	39
Gambar 5.1. Grafik Distribusi konsentrasi ^{90}Sr sebagai Fungsi dari Sektor dan Jarak	39
Gambar 5.2. Grafik distribusi konsentrasi ^{137}Cs pada jarak 60 km sektor 14 sampai 16	40
Gambar 5.3. Grafik distribusi konsentrasi ^{90}Sr di udara pada jarak 60 km sektor 14 sampai 16	40
Gambar 5.4. Grafik hubungan dosis pada jarak 60 km	42
Gambar 5.5. Grafik hubungan dosis pada jarak 10 km	42

DAFTAR SIMBOL

α	= radiasi alfa
γ	= radiasi gamma
β	= radiasi beta
$X(x,y,z)$	= konsentrasi aktivitas dalam udara pada titik (x,y,z) (Bq/m ³)
x	= jarak ke arah angin bertiup (m)
y	= jarak ke arah sumbu y yang tegak lurus arah angin (m)
z	= tinggi dari atas tanah dimana konsentrasi diukur (m)
σ_y	= standar deviasi distribusi horizon Gauss (m)
σ_z	= standar deviasi distribusi vertical Gauss (m)
Q_0	= laju lepasan (Bq/detik)
u	= kecepatan angina rata-rata (m/detik)
$h\ell$	= tinggi efektif lepasan (m)