



**PEMANTAUAN RADIOAKTIVITAS UDARA DI
RUANG REAKTOR KARTINI**

SKRIPSI

Disusun dalam rangka penyelesaian Studi Strata I
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains

Oleh:
KHANIFATUN
4250402026

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2007

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi.



LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini telah dipertahankan di dalam Sidang Ujian Skripsi Jurusan Fisika,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang
pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 15 Februari 2007

Panitia Ujian :

Ketua

Drs. Kasmadi Imam S, M.S
NIP. 130781011

Pembimbing I

Dra. Pratiwi Dwijananti, M.Si.
NIP.131813654

Pembimbing II

Drs. Suratman
NIP. 330000206

Sekretaris

Drs. M. Sukisno, M.Si
NIP. 130529522

Penguji I

Drs. Nathan Hindarto, Ph.D.
NIP. 130604212

Penguji II

Dra. Pratiwi Dwijananti, M.Si.
NIP.131813654

Penguji III

Drs. Suratman
NIP. 330000206

PEMANTAUAN RADIOAKTIVITAS UDARA DI RUANG

REAKTOR KARTINI

KHANIFATUN

NIM. 4250402026

Telah disetujui dan di sahkan oleh Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan

Badan Tenaga Nuklir Nasional (PTAPB BATAN) Yogyakarta.

Sebagai syarat memperoleh gelar Sarjana Sains dalam bidang Fisika pada:

Hari :

Tanggal :

Mengesahkan,

Kepala PTAPB BATAN
Yogyakarta

Kepala Bidang
BK-2

Drs Sujatmoko, SU. APU.
NIP.330001101

Drs. Mochd Yazid
NIP. 330001539

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa yang tertulis di dalam skripsi ini benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan dari karya tulis orang lain, baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah.

Semarang, 10 Februari 2007

Penulis,

Khanifatun
NIM 4250402026



MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO :

"Barang siapa melewati jalan di mana di dalamnya ia mencari ilmu, maka Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga".(h.r. Bukhori Muslim)

"Habis Gelap Terbitlah Terang, Kepahitan yang kita rasakan akan mengajari kita akan manisnya arti kehidupan"

PERSEMBAHAN :

Skripsi ini kupersembahkan untuk :

1. Ibuku yang telah mencurahkan setiap kasih sayangnya sejak ku masih kecil hingga dewasa
2. Bapak dengan setiap tetesan keringatnya berusaha memberikan segalanya demi tercapainya cita-citaku.
3. Adekku dan semua keluargaku.
4. Teman sejatiku yang telah membantu dan menemaniku.
5. Teman-temanku fisika angkatan 2002.
6. Almamaterku.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya yang melimpah akhirnya penulis bisa menyelesaikan skripsi ini, sebagai syarat kelulusan mencapai gelar Sarjana Sains.

Skripsi ini mengambil judul "Pemantauan Radioaktivitas Udara di Ruang Reaktor Kartini". Selama penulis melakukan penelitian dalam rangka pembuatan skripsi ini, penulis telah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kepala pusat PTAPB-BATAN yang telah memberikan ijin untuk melakukan penelitian di bidang BK-2.
2. Kepala Bidang Kesehatan dan Keselamatan (BK-2) PTAPB-BATAN yang telah memberikan ijin untuk melakukan penelitian di bidang BK-2.
3. Drs. Kasmadi Imam S, M.S selaku Dekan FMIPA Universitas Negeri Semarang.
4. Drs. M. Sukisno, M.Si, Selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Semarang.
5. Dra Pratiwi Dwijananti, M.Si. selaku dosen pembimbing I dan Dosen Wali yang telah memberikan bimbingan selama pembuatan skripsi.
6. Drs. Suratman selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan selama pembuatan skripsi.
7. Bu Agnes, Pak Maryono dan Segenap Staf Karyawan Bidang BK-2 yang telah banyak membantu dalam penulisan skripsi ini.
8. Ibu, bapak, mas Udi dan de' Eni atas setiap doanya.

9. Temanku Ifa, Ika, Umi, Umma, Uut, Nuzul, Pipiet, lekdi dan semua teman yang telah membantuku.

10. Teman seperjuanganku (N-dar, Iha, Anike, Nia, Ida, martins, sifa, Nana), perjuangan belum berakhir, tetap semangat!.

11. Azwar, Dodo', Didik, Alfa, Ari, Irfan, Hermawan, Toro, Agie', Ropik, Danis terimakasih semuanya.

12. Seluruh teman-teman angkatan 2002 atas kebersamaannya selama ini.

Penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan di dalam penulisan skripsi ini, semua itu karena keterbatasan penulis sebagai manusia biasa. Penulis hanya bisa berdo'a semoga skripsi ini bermanfaat untuk meningkatkan mutu pendidikan, khususnya almamater tercinta : Fisika FMIPA Unnes.

Semarang, Februari 2007

Penulis

SARI

Khanifatun, 2007, Pemantauan Radioaktivitas Udara di Ruang Reaktor Kartini. Skripsi Jurusan Fisika. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Semarang. Pembimbing I : Dra. Pratiwi Dwijananti, M.Si., Pembimbing II : Drs. Suratman.

Dalam pengoperasian Reaktor Kartini telah dijamin keamanannya dengan pengamanan berlapis. Meskipun begitu tetapi pada setiap kegiatan pengoperasian Reaktor Kartini perlu dilakukan pengawasan keselamatan sebagai upaya dini mendeteksi kemungkinan terjadinya kecelakaan radiasi.

Metode yang digunakan dalam upaya mendeteksi dini dari bahaya paparan radiasi yaitu dengan pengawasan radioaktivitas beta udara / gross beta dengan detektor Geiger Muller di ruang Reaktor Kartini dan faktor gamma (perbandingan radioaktivitas alfa - beta) serta kemungkinan adanya gas Iodium yang keluar dari hasil operasi reaktor sebagai indikasi adanya kebocoran kelongsong. Aliran udara di dalam ruang Reaktor Kartini disedot cuplikannya dengan menyedot udara lewat filter dengan pompa hisap Staplex. Filter selulose diukur aktivitas alfa-beta dan filter Arang aktif diukur aktivitas Gammanya dengan analisis spektrometri gamma.

Hasil pengukuran di ruang Reaktor Kartini pada saat reaktor Operasi didapatkan radioaktivitas beta antara (1,76 - 4,86) Bq /m³, radioaktivitas alfa antara (0,30 - 0,79) Bq /m³, faktor Gamma antara (5,52 - 6,67); Pada saat reaktor tidak operasi didapatkan radioaktivitas beta antara (2,87 - 17,91) Bq /m³, radioaktivitas alfa antara (0,43 - 2,98) Bq /m³, faktor Gamma antara (5,79 - 6,72); di gudang BK-2 didapatkan radioaktivitas beta antara (1,92 - 6,17) Bq /m³, radioaktivitas alfa antara (0,32- 0,99) Bq /m³, faktor Gamma antara 5,71 - 6,79 dan berdasarkan uji analisis spektrometri gamma kandungan radionuklida udara buang adalah Pb-214, Em-218, Em-220, Bi-214 merupakan anak turun Radon dan Thoron dari Peluruhan Uranium dan Thorium alam.

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa aktivitas hanyalah dari radionuklida alamiah anak turun radon dan thoron. Pada operasi normal reaktor Kartini tidak menunjukkan adanya indikasi pelepasan radioaktivitas hasil operasi reaktor berupa radionuklida hasil belah misalnya Iodium. Hal ini membuktikan juga bahwa selongsong reaktor dalam keadaan baik atau tidak bocor. Sebaiknya pada saat reaktor Kartini operasi normal juga perlu dilakukan pengukuran gas Iodium dengan filter arang aktif sebagai indikasi dini terjadinya kebocoran pada selongsong reaktor.

Kata kunci : Radioaktivitas, Faktor Gamma, Spektrometri Gamma.

DAFTAR ISI

JUDUL	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN BATAN	iv
PERNYATAAN	v
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
SARI	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR GRAFIK	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Alasan Pemilihan Judul	1
1.2. Permasalahan	4
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat	4
1. 6. Garis-Garis Besar Sistematika Skripsi	5
BAB II. LANDASAN TEORI	6
II.1. Radioaktivitas	6

II.2. Reaktor	11
II.2.1. Pengertian Reaktor	11
II.2.1. Reaktor Kartini	13
II.3. Pengoperasian Reaktor Nuklir	20
II.4. Pemantauan Radioaktivitas Udara	22
II.5. Metoda-Metoda Pemantauan Radioaktivitas	22
II.5.1. Metode Filtrasi	22
II.5.2. Pengumpulan Partikulat dengan Pengendapan Elektrostatik	23
II.5.3. Pengumpulan Partikulat dengan Grab Sampler	23
II.5.4. Pemantauan Udara Kontinyu	23
II.5.5. Menumpukkan udara ke dalam Pengumpul	24
BAB III. METODOLOGI	25
III.1. Pelaksanaan Kegiatan	25
III.1.1. Lokasi	25
III.1.2. Waktu	25
III.2. Metode Penelitian	25
III.2.1. Alat dan Skema Penelitian	25
III.2.2. Bahan	27
III.2.3. Pengukuran Efisiensi Alat cacah	27
III.2.4. Cara Penelitian	30
III.2.5. Cara Penghitungan	32

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	34
IV.1. Hasil	34
IV.1.1. Uji Kestabilan Alat Cacah dengan Chi Kuadrat (X^2)	34
IV.1.2. Efisiensi Pencacahan	36
IV.1.3. Data Pengamatan	38
IV.2. Pembahasan	41
BAB V. PENUTUP	45
V.1. Kesimpulan	45
V.2. Saran	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN	48



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: Bagan Bagian Dalam Reaktor Kartini (Penampang Bujur)	17
Gambar 2.2 : Sungkup Reaktor Kartini.	20
Gambar 3 : Skema Penelitian.	26
Gb. 1. Filter Selulose	78
Gb.2. Filter Arang Aktif	78
Gb. 3. Filter Selulose yang sudah digunakan untuk menyedot udara	78
Gb.4. Detektor Geiger Muller	79
Gb.5. Letak Filter dalam Detektor Geiger Muller	79
Gb.6. Rangkaian Detektor Geiger Muller untuk menentukan cacah beta	80
Gb. 7. Detektor Sintilasi.	80
Gb.8. Letak sampel pada detektor Sintilasi	81
Gb.9. Rangkaian Detektor Sintilasi digunakan untuk menentukan cacah alfa.	81
Gb.10. Detektor NaI (Tl)	82
Gb.11. Spektroskopi Gamma digunakan untuk menganalisis kandungan unsur	82
Gb.12. Pompa untuk menghisap udara	83
Gb. 14. Melakukan kegiatan proteksi radiasi dan pengawasan keselamatan kerja.	83
Gb.15. Sistem instrumentasi kontrol Reaktor Kartini.	84
Gb. 16. Penampang lintang Reaktor Kartini	84

DAFTAR GRAFIK

Grafik 1 : Hasil Spektrometri Gamma di Ruang Reaktor Kartini pada Waktu	
Reaktor Operasi Menggunakan Filter Arang Aktif	64
Grafik 2 : Hasil Spektrometri Gamma di Ruang Reaktor Kartini pada Waktu	
Reaktor Operasi Menggunakan Filter Arang Aktif	65
Grafik 3 : Hasil Spektrometri Gamma di Ruang Reaktor Kartini pada Waktu	
Reaktor Operasi Menggunakan Filter Arang Aktif	66
Grafik 4 : Hasil Spektrometri Gamma di Ruang Reaktor Kartini pada Waktu	
Reaktor Operasi Menggunakan Filter Arang Aktif	67
Grafik 5 : Hasil Spektrometri Gamma di Ruang Reaktor Kartini pada Waktu	
Reaktor tidak Operasi Menggunakan Filter Arang Aktif	68
Grafik 6 : Hasil Spektrometri Gamma di Ruang Reaktor Kartini pada Waktu	
Reaktor tidak Operasi Menggunakan Filter Arang Aktif	69
Grafik 7 : Hasil Spektrometri Gamma di Ruang Reaktor Kartini pada Waktu	
Reaktor tidak Operasi Menggunakan Filter Arang Aktif	70
Grafik 8 : Hasil Spektrometri Gamma pada Gudang BK-2 Menggunakan Filter	
Arang Aktif	71
Grafik 9 : Hasil Spektrometri Gamma pada Gudang BK-2 Menggunakan	
Filter Selulose	72
Grafik 10: Hasil Spektrometri Gamma Iodium 131 dengan filter Arang Aktif ...	73
Grafik 11 : Hasil Kalibrasi Cesium-137 dan Cobalt-60	74

DAFTAR TABEL

Tabel I. Data uji chi kuadrat (χ^2) untuk detektor Sintilasi	34
Tabel II. Data uji chi kuadrat untuk detektor Geiger Muller	35
Tabel III. Data Kalibrasi Efisiensi Alfa dengan Detektor Sintilasi	36
Tabel IV. Data Kalibrasi Efisiensi Beta dengan Detektor Geiger Muller	37
Tabel V. Data Kalibrasi Tenaga Spektrometri Gamma	38
Tabel VI. Data Radioaktivitas Beta / Gamma, Radioaktivitas Alfa dan faktor Gamma di Ruang Reaktor Kartini dan di Gudang BK-2	39
Tabel VII. Spektrum tenaga gamma udara di dalam ruang Reaktor Kartini dan ruang gudang Bidang Kesehatan dan Keselamatan Kerja (BK-2) BATAN.	40
Tabel 1. Pengukuran Radioaktivitas Udara di Ruang Reaktor Kartini pada Saat Reaktor Operasi dengan filter Selulose	48
Tabel 2. Pengukuran Radioaktivitas Udara di Ruang Reaktor Kartini pada Saat Reaktor tidak Operasi dengan filter Selulose	48
Tabel 3. Pengukuran Radioaktivitas Udara di Ruang Gudang BK-2 dengan filter Selulose	49
Tabel 4. Spektrum Tenaga Gamma Udara di ruang Reaktor Kartini Pada Saat Reaktor Operasi menggunakan filter Arang Aktif	49
Tabel 5. Spektrum Tenaga Gamma udara di ruang Reaktor Kartini Pada Saat Reaktor Tidak Operasi menggunakan filter Arang Aktif	50

Tabel 6. Spektrum Tenaga Gamma udara di Gudang BK-2 menggunakan filter Arang Aktif	50
Tabel 7. Pengukuran Radioaktivitas Udara di Ruang Reaktor Kartini pada Saat Reaktor Operasi dengan filter Selulose	58
Tabel 8. Pengukuran Radioaktivitas Udara di Ruang Reaktor Kartini pada Saat Reaktor Tidak Operasi dengan filter Selulose	59
Tabel 9. Pengukuran Radioaktivitas Udara di Gudang BK-2 (Bidang Kesehatan dan Keselamatan Kerja) dengan filter Selulose	60
Tabel 10. Deret Uranium (Suratman.2001: 123)	75
Tabel 11. Deret Thorium (Suratman. 2001: 122)	76
Tabel III. Spesifikasi Teknis Laju Dosis Paparan, Tingkat Kontaminasi Radioaktif Reaktor Kartini (Suratman. 1998: 56)	77

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran.	Halaman
1. Data Pengamatan	48
2. Kalibrasi Alat Cacah	51
3. Tabel Ralat Data	58
4. Perhitungan Ralat	61
5. Grafik Hasil Spektrometri Gamma	64
6. Tabel Deret Uranium dan Thorium	75
7. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian	78



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
 UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
 Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang, Gedung D, Kode Pos 50229
 Websit : <http://mipa.unnes.ac.id>, e-mail: mipa @unnes.ac.id,
 Telp./Fax.:(024)8508005 (Dekan), 8505112(TU)

PENILAIAN UJIAN SKRIPSI

SK REKTOR NO.73/1995 Ps. 10

1. Nama Mahasswa : KHANIFATUN
2. NIM : 4250402026
3. Jurusan : Fisika
4. Program Studi : Fisika
5. Hari, Tanggal Ujian : Kamis, 15 Pebruari 2007
6. Judul Skripsi : Pemantauan Radioaktivitas Udara di Ruang Reaktor Kartini.

PENILAIAN

NO	ASPEK YANG DINILAI	NILAI (%)	KET
X ₁	Konsistensi Logis Isi		
X ₂	Kadar Keaslian		
X ₃	Mutu Ilmiah		
X ₄	Bahasa		
X ₅	Tata Tulis		
Y ₁	Kedalaman Penguasaan Bahan		
Y ₂	Keluasan Penguasaan Bahan		
Y ₃	Ketepatan Memberikan Jawaban		
Y ₄	Kelancaran Memberikan Jawaban		
Y ₅	Sikap Ilmiah		

$$A = (X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5) / 5 = (\quad) / 5 =$$

$$B = (Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5) / 5 = (\quad) / 5 =$$

$$\text{Nilai akhir, } C = (A + 2B) / 3 = (\quad) / 3 =$$

Semarang,

Penguji

Dibuat Rangkap 2:
 1(satu) untuk Fakultas
 1(satu) untuk Jurusan

NIP.

BAB 1

PENDAHULUAN

I.1. Alasan Pemilihan Judul

Reaktor nuklir adalah tempat terjadinya reaksi inti. Contoh reaksi inti antara lain : reaksi pembelahan inti (reaksi fisi) dan reaksi penggabungan inti (Reaksi fusi). Bagian utama dari reaktor nuklir yaitu : elemen bahan bakar, perisai, moderator dan elemen kendali. Reaksi fisi berantai terjadi apabila inti dari suatu unsur dapat belah (Uranium-235, Uranium-233, Plutonium-239) bereaksi dengan neutron termal / lambat yang akan menghasilkan unsur-unsur lain dengan cepat serta menimbulkan energi panas. Meski masih ada pihak-pihak yang meragukan keamanan penggunaan teknologi nuklir, namun teknologi yang identik dengan radiasi ini terbukti berkembang di berbagai bidang dengan aman. Teknologi nuklir saat ini sudah banyak dimanfaatkan, misalnya untuk sumber energi PLTN yang ramah lingkungan, dalam kesehatan misalnya untuk terapi radiasi dan diagnostik , dalam pertanian untuk menyiapkan bibit padi varietas unggul, dalam industri misal peningkatan mutu lateks, pemberantasan serangga dengan teknik serangga mandul, untuk iradiasi dan untuk penelitian .

Reaktor Kartini yang dimiliki BATAN adalah salah satu reaktor Triga Mark II yang bermanfaat untuk penelitian, keperluan iradiasi dan peningkatan kemampuan daya manusia di dalam bidang nuklir. Pada reaktor penelitian, yang diutamakan adalah pemanfaatan radiasi neutron yang

dihasilkan dari reaksi nuklir untuk keperluan berbagai penelitian dan produksi radioisotop. Sedangkan panas yang dihasilkan dirancang sekecil mungkin, sehingga tidak berbahaya untuk dibuang ke lingkungan.

Pada pengoperasian Reaktor Kartini telah dijamin keamanannya dengan pengamanan berlapis yaitu : dengan pengungkungan hasil belah dalam kelongsong bahan bakar, pengungkungan hasil belah dalam air pendingin bila terjadi kerusakan kelongsong bahan bakar, pengungkungan dalam sungkup reaktor bila terjadi lepasan hasil belah yang lepas dengan pengungkungan air pendingin. Namun demikian pada setiap kegiatan operasi reaktor perlu pengawasan baik yang bersifat rutin maupun berkala untuk mendeteksi dini terhadap gejala kemungkinan terjadi kecelakaan sehingga dapat dihindari kecelakaan yang lebih besar (Suratman, 1998).

Meskipun pengoperasian Reaktor Kartini telah dijamin keamanannya dengan pengamanan berlapis, tetapi pada setiap kegiatan operasi reaktor perlu dilakukan pengawasan keselamatan Reaktor Kartini. Pengawasan keselamatan radiasi Reaktor Kartini disamping sebagai upaya deteksi dini kemungkinan terjadinya kecelakaan, juga sebagai pengawasan keselamatan radiasi pekerja radiasi yang menangani operasi reaktor dan personil yang sedang bekerja di reaktor. Pengawasan keselamatan Reaktor Kartini meliputi pengawasan radiasi interna antara lain pengawasan kontaminasi udara, permukaan dan perorangan. Radiasi ekterna antara lain pengawasan radiasi ruangan dan radiasi perorangan. Pengawasan pelepasan zat radioaktif ke lingkungan

dengan pengukuran radioaktivitas udara buang lewat cerobong Reaktor Kartini, dan pengukuran radioaktivitas air pada pendingin primer.

Salah satu upaya mendeteksi dini dari bahaya paparan radiasi yaitu dengan pengawasan radioaktivitas udara di ruang reaktor Kartini, untuk mengetahui kemungkinan adanya zat radioaktif yang berbahaya yang keluar dari hasil operasi Reaktor Kartini. Pemantauan radioaktivitas udara di ruang Reaktor Kartini dilakukan dengan pengukuran radioaktivitas beta udara. Dari pengukuran radioaktivitas udara di ruang Reaktor Kartini dapat memberi gambaran apakah ada fluktuasi radioaktivitas di ruang reaktor. Gas yang memiliki kemungkinan besar dapat keluar dari reaktor adalah Iodium karena waktu paruhnya yang cukup lama. Oleh karena itu diperlukan juga pengukuran gas Iodium sebagai indikasi adanya kebocoran selongsong. Caranya yaitu dengan menggunakan filter Arang Aktif untuk menangkap adanya kontaminasi yang berupa gas Iodium yang kemungkinan besar akan keluar jika terjadi kebocoran pada selongsong bahan bakar. Metode ini perlu dilaksanakan karena pengukuran Iodium bisa dijadikan sebagai deteksi dini terjadinya kebocoran pada selongsong bahan bakar sehingga dapat memperkecil terjadinya bahaya kecelakaan radiasi. Oleh karena itu diambilah

judul penelitian :

“PEMANTAUAN RADIOAKTIVITAS UDARA DI RUANG REAKTOR
KARTINI”

I.2. Permasalahan

Permasalahan yang akan diungkap dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimanakah cara pemantauan radioaktivitas udara di ruang Reaktor Kartini.
2. Berapakah faktor cacah pertama (faktor gamma) dari radioaktivitas udara di ruang Reaktor Kartini.

I.3. Batasan Masalah

Masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah pemantauan radioaktivitas udara dengan cara perbandingan nilai radioaktivitas beta dan alfa udara di ruang reaktor kartini menggunakan alat detektor Geiger Muller dan Sintilasi. Untuk mengetahui jenis unsur radionuklida digunakan spektrometri gamma dengan detektor NaI (TI)

I.4. Tujuan Penelitian

1. Mengukur radioaktivitas Alfa, Beta dan spektrum gamma dari udara di ruang Reaktor Kartini.
2. Melakukan identifikasi adanya Iodium pada udara di ruang Reaktor Kartini.

I.5. Manfaat

1. Hasil analisis dapat digunakan untuk mengetahui ada tidaknya kontaminasi radioaktivitas udara di ruang Reaktor Kartini.
2. Adanya Iodium sebagai deteksi dini adanya kebocoran pada kelongsong bahan bakar.

I.6. Garis-Garis Besar Sistematika Skripsi

Sistematika penyusunan skripsi yang berjudul “Pemantauan Radioaktivitas Udara di Ruang Reaktor Kartini ” terdiri atas :

BAB I : PENDAHULUAN, Berisi tentang Latar Belakang, Perumusan masalah, Batasan Masalah, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian dan Sistematika.

BAB II : DASAR TEORI, Teori yang berkaitan dengan penelitian yang terdiri dari : Radioaktivitas, Jenis Radiasi, Reaktor, Pemantauan Radioaktivitas, Metode-metode Pemantauan Radioaktivitas.

BAB III : METODE PENELITIAN, Meliputi penggambaran mengenai lokasi dan waktu penelitian, bahan dan alat penelitian, Pengambilan cuplikan, parameter yang diukur dan pengukuran efisiensi alat cacah, analisa data.

BAB IV : HASIL dan PEMBAHASAN, Meliputi hasil penelitian yang di dapat serta pembahasan tentang hasil yang diperoleh.

BAB V : KESIMPULAN dan SARAN, Meliputi kesimpulan dan saran terhadap peneliti berikutnya terutama untuk pengembangan lebih lanjut dari penelitian yang telah dilakukan.

BAB II

LANDASAN TEORI

II.1. Radioaktivitas

Radioaktivitas adalah gejala perubahan keadaan inti atom secara spontan yang disertai radiasi berupa zarah dan atau gelombang elektromagnetik (Susetyo, 1988).

Jenis radiasinya berupa sinar Alfa, sinar Beta, sinar Gamma, sinar X dan radiasi neutron. Radioaktivitas menurut asalnya ada dua macam :

1. Radioaktivitas alam sudah ada sejak terbentuknya bumi dan alam semesta. Yang termasuk radiasi alam adalah :

- 1.1. Radiasi Sinar Kosmik

Radiasi kosmik yang sampai di bumi berasal dari ruang angkasa dan dari matahari. Radiasi ini terdiri dari radiasi penembus yang mempunyai jangkauan yang sangat lebar, yang mengalami banyak reaksi dengan elemen-elemen di dalam Atmosfer. Atmosfer merupakan perisai dan sangat besar mengurangi jumlah radiasi kosmik yang mencapai permukaan bumi. (Suratman, 1996).

Contoh radioaktivitas sinar kosmik Carbon-14, H-3, Be-7, B-10, Na-22, Al-26, Si-32, P-32, S-35, Ar-37, Ar-39.

1.2. Radiasi dari Nuklida Primordial (teristerial)

Radiasi primordial adalah radiasi alam yang berasal dari dalam bumi. Radiasi ini berasal dari mineral-mineral yang ada dalam batuan dan dari dalam tanah. Radiasi primordial sudah ada sejak terbentuknya bumi ini. Contohnya adalah unsur ${}^6\text{C}^{12}$, ${}_{14}\text{Si}^{28}$, ${}_{20}\text{Ca}^{40}$ yang terdapat dalam jumlah banyak di alam dan mudah diperoleh. Radionuklida Primordial yang tergolong tua karena waktu paruh induknya diatas 100 juta tahun yaitu :

Radionuklida deret Uranium, atau deret $4n+2$, Radionuklida deret Aktinium, atau deret $4n+3$, Radionuklida deret Thorium, atau deret $4n$.

Ketiga deret radionuklida Primordial tersebut di atas merupakan pemancar alfa dan pemancar beta. Tiap deret memiliki satu anggota seri yang berupa gas mulia Radon (Rn) dan berakhir dengan isotop stabil Timbal (Pb). Di antara radionuklida-radionuklida yang berasal dari batuan bumi tersebut yang merupakan gas mulia adalah Rn-222 dari deret Uranium, Rn-220 dari deret Thorium dan Rn-219 dari deret Aktinium. Radionuklida berupa gas mulia ini memiliki mobilitas yang besar, juga karena sifat kimianya yang inert, ia mudah sekali bermigrasi dari tempat asal dan berdifusi ke udara dan meluruh menjadi anak turunya berupa partikel yang memberi kontribusi radioaktivitas udara. Rn-219 dari induk U-238 yang kelimpahannya di bumi sangat

sedikit, maka sumbangan Rn-219 terhadap radioaktivitas udara sangat kecil.

Anak turun Radon dan Thoron merupakan partikel di udara, merupakan debu atmosferik berukuran antara $(0,005 - 0,04) \mu\text{i}$. Mereka dapat ditangkap oleh filter dan aktivitas mereka dapat diketahui bila dicacah sesegera mungkin setelah pengambilan cuplikan udara. Bila pencacahan dilakukan dengan waktu tunda beberapa saat setelah pengambilan cuplikan udara, radioaktivitas terukur akan jauh lebih rendah, karena umur paro anak turun Radon dan Thoron yang relatif pendek.

Dosis radiasi yang diterima dari nuklida primordial merupakan radiasi latar atau cacah latar (*back ground radiation*, yang sering di pakai sebagai garis dasar dalam melakukan analisis dampak lingkungan).

1.3. Radiasi Dalam Tubuh Manusia

Radiasi dalam tubuh manusia mengandung unsur radioaktif yang berasal dari lingkungannya. Radiasi alam masuk ke dalam tubuh manusia melalui pernapasan karena menghirup gas hasil peluruhan dari salah satu deret radionuklida Primordial. Contoh radiasi yang terdapat dalam tubuh manusia yaitu gas Radon dan Thoron. Radiasi alam juga dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan dan minuman. Makanan dan minuman yang berasal dari tanaman dan hewan pada umumnya mengandung Karbon-14 dan Kalium-40.

2. Radioaktivitas Buatan

Radionuklida buatan timbul karena dibuat oleh manusia, antara lain dengan reaksi fisi, pengaktifan neutron ledakan bom nuklir dan sebagainya. Radionuklida buatan di bagi dalam dua kelompok yaitu :

- Radionuklida yang dihasilkan dari penembakan unsur yang stabil dengan menggunakan netron, proton, detron atau partikel berat lainnya. Penembakan biasanya dilakukan pada reaktor nuklir atau dengan menggunakan akselerator, prosesnya di namakan aktivasi.
- Radionuklida hasil reaksi fisi, dihasilkan dari pembelahan inti berat biasanya menghasilkan 2 bagian fisi.

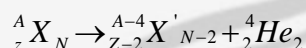
Reaksi inti yang menghasilkan nuklida-nuklida baru sebagai sumber radioaktivitas buatan dapat terjadi melalui jalan pembelahan (reaksi fisi) atau melalui jalan penggabungan (reaksi fusi). Reaksi fusi pada saat ini masih dalam pengembangan sehingga belum banyak digunakan secara luas, sedangkan reaksi fisi pada saat ini sudah banyak dilakukan. Beberapa bahan yang dapat bereaksi fisi adalah U^{238} , U^{235} , U^{233} dan Pu^{239} . Kedua unsur terakhir merupakan unsur buatan manusia karena tidak terdapat di alam. Kedua unsur tersebut merupakan hasil dari reaksi inti Th^{238} dengan neutron.

Keberhasilan membuat bahan bakar baru U^{233} dan Pu^{239} dari bahan Th^{232} dan U^{238} membawa kepada pemikiran untuk membuat suatu reaktor pengembang biak untuk mendapatkan bahan fisil. Reaktor jenis ini disebut *Breeder Reactor*.

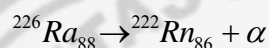
3. Beberapa macam radiasi, yaitu sebagai berikut :

3.1 Radiasi Alfa

Dalam Peluruhan Alfa, sebuah inti tidak stabil meluruh menjadi dua inti ringan dan sebuah partikel Alfa (sebuah inti ${}^4\text{He}$), menurut reaksi :



contoh:



3.2 Radiasi Beta (β)

Partikel Beta adalah elektron berkecepatan tinggi dipancarkan dari inti atom yang tidak stabil. Elektron positif (*positron*) atau elektron negatif (*negatron*) mungkin dipancarkan dari satu radionuklida. Pancaran Beta termasuk di dalamnya pancaran positron, sehingga partikel Beta adalah positron dan elektron. Massa kedua partikel sama, mempunyai muatan listrik yang sama tapi berlawanan. Partikel beta negatif (β^-), adalah elektron yang berkecepatan atau tenaga tinggi dipancarkan oleh inti, bermuatan negatif ($-e$) simbol ${}_{-1}\beta^0$ atau ${}_{-1}e^0$, massa = 0,00549 amu (*atomic mass unit*). Partikel beta positif (β^+), adalah elektron berkecepatan atau bertenaga tinggi yang dipancarkan oleh inti, bermuatan positif ($+e$) symbol ${}_{-1}\beta^0$ atau ${}_{-1}e^0$, massa = 0,00547 amu.

Contoh peluruhan beta yang khas :

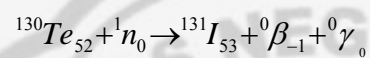
$${}^{19}\text{O} \rightarrow {}^{19}\text{F} + e^- + \nu$$

$${}^{176}\text{Lu} \rightarrow {}^{176}\text{Hf} + e^- + \nu$$

3.3 Radiasi Gamma

Sinar Gamma sama seperti radiasi elektromagnetik lainnya bisa dipandang sebagai paket-paket catu tenaga yang disebut foton gamma. Massa dan muatan suatu inti yang memancarkan sinar gamma tidak berubah atau tetap.

Contoh suatu peluruhan gamma yaitu:



II.2. Reaktor

II.2.1. Pengertian Reaktor

Reaktor nuklir adalah tempat terjadinya reaksi inti. Contoh reaksi inti antara lain reaksi pembelahan inti (reaksi fisi) dan reaksi penggabungan inti (reaksi fusi). Bagian utama dari reaktor nuklir yaitu : elemen bahan bakar, perisai, moderator dan elemen kendali. Reaksi fisi berantai yang terjadi apabila inti dari suatu unsur dapat belah (Uranium-235, Uranium-233) bereaksi dengan neutron termal / lambat yang akan menghasilkan unsur-unsur lain dengan cepat serta menimbulkan energi panas. Reaktor nuklir berdasarkan fungsinya dibedakan menjadi dua yaitu :

1. Reaktor Penelitian / Riset

Pada reaktor penelitian, yang diutamakan adalah pemanfaatan radiasi neutron yang dihasilkan dari reaksi nuklir untuk keperluan berbagai penelitian dan produksi ke lingkungan. Pengambilan panas pada reaktor dilakukan dengan sistem

pendingin primer dan sistem pendingin sekunder. Panas yang berasal dari teras reaktor dibawa ke sistem pendingin primer kemudian dilewatkan melalui alat penukar panas dan selanjutnya panas dibuang ke lingkungan melalui sistem pendingin sekunder, perlu diketahui bahwa pada alat penukar panas sistem pendingin primer dan sistem pendingin sekunder tidak terjadi kontak langsung antara uap air yang mengandung radiasi dengan air pendingin yang di buang ke lingkungan.

2. Reaktor Daya (PLTN)

Pada reaktor daya yang dimanfaatkan adalah uap panas bersuhu dan bertekanan tinggi yang dihasilkan oleh reaksi fisi untuk memutar turbin, sedangkan neutron yang dihasilkan sebagian di serap dengan elemen kendali dan sebagian lagi diubah menjadi neutron lambat untuk berlangsungnya reaksi berantai. Reaksi fisi berantai hanya terjadi apabila neutron lambat (*thermal*) mampu menembak Uranium-235 yang lainnya hingga terjadilah reaksi berantai secara terus menerus. Cara mengubah neutron yang berkecepatan tinggi menjadi neutron yang berkecepatan rendah (neutron lambat) adalah dengan menumbukkannya pada inti atom hidrogen dalam air. Jadi air di dalam kolam reaktor ini berfungsi sebagai moderator, sebagai pendingin dan juga sebagai perisai radiasi. Beberapa bahan yang pada umumnya dipergunakan sebagai bahan pendingin reaktor nuklir adalah air (H_2O), air berat (D_2O) dan Grafit.

II.2.2. Reaktor Kartini

Reaktor Kartini merupakan reaktor penelitian dioperasikan sejak Maret tahun 1979, dengan daya yang telah ditingkatkan dari 100 kwatt menjadi 250 kwatt. Reaktor Kartini didesain berdasarkan pada sistem reaktor kolam, dengan bahan bakar Uranium Zirkonium Hidrida (U-ZrH). Reaktor Kartini merupakan jenis reaktor TRIGA MARK II yang digunakan untuk keperluan irradiasi, eksperimen dan latihan personil. Komponen utama dari Reaktor Kartini adalah :

II.2.2.1. Bahan Bakar

Reaktor Kartini menggunakan bahan bakar TRIGA U-ZrH tipe 104 dan tipe 204 buatan general Atomic.

Elemen bahan bakar merupakan campuran homogen bahan bakar Uranium dan moderator Zirkonium Hidrida (U-ZrH), berbentuk padat dan setiap elemen rata-rata mengandung Uranium U-235 8% berat dengan perkayaan 20% di dalam bahan normal terkandung 36-38 gram U-235, dengan berat total 3 Kg setiap elemen komposisi bahan bakar tipe 204 berisi termokopel sehingga disebut juga elemen bahan bakar berinstrumentasi (*Instrumented Fuel Element-IFE*).

Di samping itu Reaktor Kartini mempunyai elemen bahan bakar tiruan (*dummy*) di tempatkan pada ring F secara simetri. Bentuk dan ukuran sama dengan elemen bahan bakar dan tersusun dari grafit. Fungsi dari elemen

bahan bakar ini adalah untuk menaikkan efisiensi neutron dalam teras (berfungsi sebagai reflektor).

Dari sejumlah eksperimen menunjukkan bahwa, bahan bakar U-ZrH dapat menahan produk hasil belah, hanya fraksi kecil dari hasil belah yang dibebaskan, bahkan dalam bahan bakar U-ZrH tanpa selongsong. Fraksi hasil belah yang dibebaskan bervariasi $1,5 \times 10^{-5}$ untuk temperatur irradiasi 350°C dan 10^{-2} pada 800°C .

II.2.2.2. Sistem Kendali Reaktivitas

Sistem pengendalian reaktivitas dirancang dan dipasang untuk keadaan operasi normal dan penghentian operasi (*shut down*) reaktor berkaitan dengan keselamatan reaktor, diaktifkan oleh sistem proteksi reaktor.

Sistem kendali reaktivitas terdiri dari komponen utama sebagai berikut :

- Peralatan penggerak batang kendali
- Perangkat batang kendali
- Sistem penampil posisi batang kendali
- Sistem kendali untai tertutup daya reaktor

Elemen pengendali reaktor berupa batang-batang kendali yaitu batang kompensasi (*Shim rod*), batang pengaman (*Safety Rod*) dan batang pengatur halus (*Regulating Rod*). Batang-batang kompensasi dan pengatur berupa tabung aluminium berisi penyerap neutron

yaitu serbuk Boron Karbida (B_4C), sedangkan batang pengaman berisi grafit dan boral. Diameter luar batang pengatur 2,2 cm, batang kompensasi 3,2 cm dan batang pengaman 2,5 cm. Semua batang kendali ini mempunyai panjang 51 cm dan dapat digerakkan dengan lintasan 38cm. Ujung atas dari ketiga batang kendali dihubungkan dengan alat penggerak (*motor*) batang kendali di atas tangki reaktor (lihat gambar 2.1).

Di dalam teras batang-batang kendali tersebut dimasukkan ke dalam pipa-pipa pengarah batang kendali yang mempunyai lubang-lubang untuk jalan air. Posisi masing-masing batang kendali adalah batang pengatur di ring E1, batang kompensasi di ring C9 dan batang pengaman di ring C5.

II.2.2.3. Teras

Teras reaktor berbentuk silinder dan terdiri dari kisi-kisi tempat dudukan / bangku reflektor elemen bahan bakar. Elemen dummy dan batang kendali.

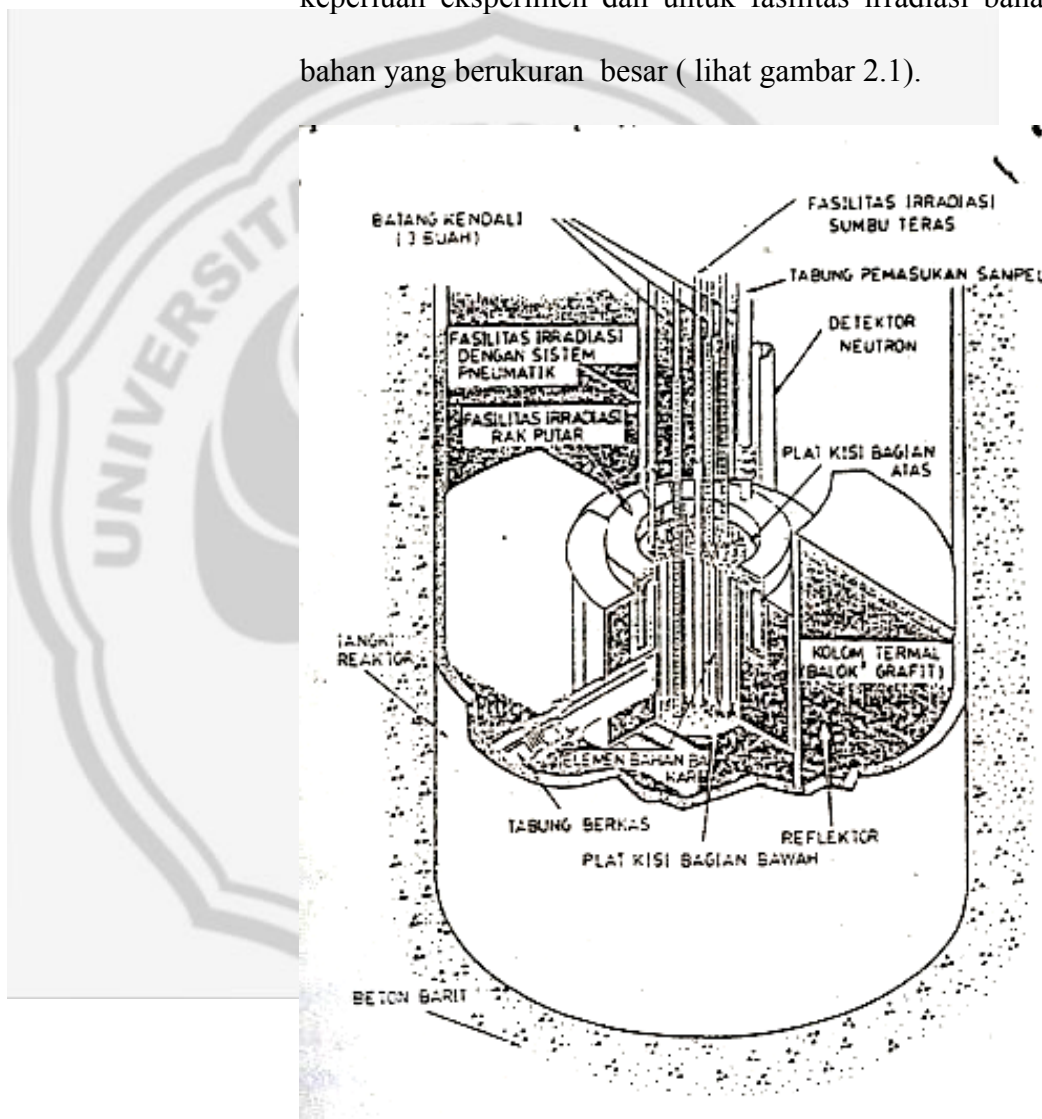
Teras dikelilingi oleh reflektor yang di tempatkan pada suatu tempat dudukan. Susunan teras dan reflektor ini mempunyai diameter 1,09 m dan tinggi 0,58 m. Teras dan reflektor terendam dalam air setinggi 4,9 m, sedangkan

bagian terbawah dari reflektor berada pada ketinggian 0,61 m dari dasar tangki.

Lempeng kisi-kisi terbuat dari aluminium dengan tebal 19 mm, diameter bagian atas 49,5 cm dan bagian bawah 40,7 cm. Jarak antar lubang pada kisi dibuat dengan ketelitian tinggi sesuai dengan desain teras, digunakan untuk tempat elemen-elemen bahan bakar lempeng kisi reaktor bagian atas di letakkan menurut tempatnya dalam 6 buah lubang pada sindik yang terdapat pada reflektor. Kisi bagian bawah terdapat lubang-lubang tempat masuk ujung bawah bahan bakar. Lubang tempat bahan bakar adalah 90 buah yang terdistribusi dalam lima lingkaran lubang-lubang. Tiap lubang mempunyai diameter 38,23 mm

Air pendingin melewati sirip-sirip bagian atas dari tiap-tiap elemen bahan bakar dan lubang kisi berkisar antar 0,79 mm - 1,02 mm. Bagian tengah dari lempeng kisi terdapat lubang dengan diameter 38,4 mm, digunakan sebagai fasilitas irradiasi yaitu Central Timble. Lubang-lubang foil dengan diameter 8 mm untuk beberapa posisi telah dibuat pada lempeng kisi. Lubang-lubang memungkinkan untuk tempat memasukkan foil –foil ke dalam teras reaktor pada saat di lakukan pengukuran fluks.

Ada 4 buah tabung berkas neutron dengan diameter dalam 19,5 cm, dipasang menembus perisai beton dan tangki reaktor sampai ke permukaan reflektor, fungsinya untuk menyediakan berkas neutron dan gamma untuk keperluan eksperimen dan untuk fasilitas irradiasi bahan-bahan yang berukuran besar (lihat gambar 2.1).



Gambar 2.1: Bagan Bagian Dalam Reaktor Kartini (Penampang bujur).

II.2.2.4. Sistem Pendingin Reaktor

Dasar operasi reaktor adalah terjadinya reaksi inti pada bahan bakar disertai pembebasan energi kinetik yang mengakibatkan timbulnya panas. Panas yang timbul akan menaikkan suhu bahan bakar dan air pendingin reaktor. Agar supaya suhu air pendingin reaktor tidak meningkat terus hingga melampaui batas yang diijinkan sebesar 40°C pada permukaan tangki reaktor, maka dilakukan pengambilan panas dari dalam teras dengan jalan mensirkulasikan air tangki reaktor (ATR) dan mendinginkannya pada alat penukar panas. Di dalam alat penukar panas terjadi pertukaran panas, yaitu air pendingin dari tangki reaktor memberikan panasnya pada air pendingin dari luar (pendingin sekunder). Kedua air pendingin tersebut tidak saling tercampur dan terpisah secara hidrolis. Dengan demikian maka pada saat air tangki reaktor keluar dari alat penukar panas akan mempunyai suhu yang lebih rendah dibandingkan dengan pada saat masuk. Sebelum dimasukkan lagi ke dalam teras, sebagian dari air tangki reaktor didemineralisasi lebih dulu untuk menjaga kemurniannya. Sirkulasi air pendingin tersebut di atas dinamakan sirkulasi sistem pendingin primer reaktor.

Pendingin panas dari air pendingin sekunder dipindahkan dan dibuang ke udara luar atau atmosfer. Proses pembuangan panas ini dilakukan dengan cara pengkabutan yaitu menyemburkan air pendingin sekunder tersebut di dalam menara pendingin. Selanjutnya air ditampung di dalam suatu bak penampung pada menara pendingin, kemudian dialirkan kembali ke dalam alat penukar panas untuk proses pengambilan panas berikutnya. Sirkulasi ini disebut sirkulasi air pendingin sekunder reaktor.

II.2.2.5. Sungkup reaktor

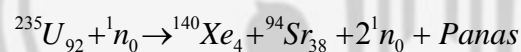
Sungkup (*containment*) berfungsi sebagai wadah atau bungkus paling luar bila terjadi pembebasan zat radioaktif dari bejana reaktor atau dari sistem pendingin reaktor pada umumnya. Sungkup terbuat dari lembaran baja yang disambung secara kedap, melingkupi reaktor dan sistem resirkulasi. Di luar dinding baja ini masih ada lagi dinding beton yang dibuat rapat pula untuk melindungi sungkup dari cuaca, lemparan (*misile*) serta menambah kekedapan di samping sebagai perisai radiasi (lihat gambar 2.2).



Gambar 2.2 : Sungkup Reaktor Kartini.

II.3. Pengoperasian Reaktor Nuklir

Pada Reaktor Kartini, reaksi yang terjadi adalah reaksi fisi yang dapat dituliskan secara umum sebagai berikut :



Dari reaksi di atas selain menghasilkan inti baru yang radioaktif, reaksi fisi juga menghasilkan neutron-neutron baru yang memungkinkan terjadinya reaksi berantai serta energi panas sebesar 200 Mev. Reaksi fisi memerlukan penanganan yang cermat mengingat adanya bahaya potensial yang cukup besar bila reaksi ini tidak dapat dikendalikan.

Pada dasarnya kriteria keselamatan reaktor, dalam hal ini reaktor tipe LWR (*Light Water Reaktor*) di rumuskan atas dasar kemampuan bahan kelongsong sebagai penghambat primer, untuk mencegah bahan radioaktif yang terkumpul dalam bahan bakar tersebut lepas. Kemampuan tersebut

dipengaruhi oleh tinggi suhu serta kemungkinan reaksi dengan fluida pendingin yang dapat mengakibatkan rapuhnya bahan kelongsong. Bila terjadi kebocoran pada kelongsong bahan bakar atau keretakan, beberapa produk fisi akan mengontaminasi air pendingin dan beberapa di antaranya yang berupa gas dapat meninggalkan air pendingin dan lepas ke udara.

Unsur N-16 adalah gas radioaktif yang terbentuk bila reaktor berjalan normal. N-16 terbentuk berdasarkan reaksi O-16 (n,p). Unsur ini merupakan unsur radioaktif yang dominan dan utama ketika air dapat meninggalkan teras. N-16 memiliki umur paro yang cukup pendek 7,4 detik, sehingga unsur ini tidak akan cukup lama untuk mencapai konsentrasi yang sama dalam air pendingin. Unsur ini merupakan pemancar beta (β).

Radioisotop gas-gas yang dihasilkan dalam elemen bakar ini termasuk di dalamnya radioisotop halogen, tetap berada di dalam air. Dengan kondisi ini kurang dari 10% dari gas-gas tersebut yang memiliki umur paro kurang dari 1menit akan lepas dari air pendingin reaktor. Umur yang pendek mencegah mereka berdifusi ke permukaan air pendingin reaktor dan lolos dari larutan. Selain itu radioisotop-radioisotop dengan umur paro yang pendek merupakan pemancar gamma (γ).

Bila terjadi kerusakan pada kelongsong bahan bakar reaktor, maka akan terjadi pelepasan gas-gas mulia yaitu Xenon (Xe) dan Krypton (Kr). Gas-gas mulia ini tidak larut dalam air pendingin dan memiliki umur paro lebih dari 1 menit. Mereka merupakan sumber radiasi gamma (γ) yang besar dalam ruang reaktor.

II.4. Pemantauan Radioaktif Udara

Berdasarkan pada fungsinya pemantauan daerah kerja dapat dibedakan atas tiga kegiatan yaitu:

- Pemantauan rutin : dilakukan pada kondisi operasi normal untuk memastikan bahwa tempat kerja dan kondisi kerja cukup aman dan tidak ada perubahan yang berarti yang memerlukan prosedur operasional yang khusus.
- Pemantauan Operasional : dilakukan pada saat melakukan pekerjaan-pekerjaan tertentu yang memerlukan perhatian khusus.
- Pemantauan khusus : dilakukan terutama jika ada kejadian atau kemungkinan terjadi kondisi abnormal, termasuk bila terjadi kecelakaan.

II.5. Metode-Metode Pemantauan Radioaktivitas

Ada beberapa metoda pemantauan radioaktivitas udara yaitu:

II.5.1. Metode filtrasi

Metode filtrasi biasa dipergunakan dalam pengambilan cuplikan udara untuk jenis cuplikan partikulat. Yang perlu diperhatikan dalam pemilihan filter antara lain adalah efisiensi pengumpulan partikulat, daya penahan aliran dan kekuatan mekanisnya. Jenis- jenis filter yang dipergunakan antara lain:

- Filter fiber Glass
- Filter Cellulose
- Filter Arang Aktif

Prinsip dasar pemantauan dengan metode ini adalah pengumpulan partikel radioaktif pada filter dengan menggunakan pompa hisap.

Secara teknis metoda ini digunakan untuk:

- Pengukuran radioaktif Beta udara
- Pengukuran radioaktivitas alfa udara
- Pengukuran dengan spektrometri gamma
- Pengukuran faktor cacah pertama

II.5.2. Pengumpulan partikulat dengan pengendapan elektrostatik

Salah satu cara efisien untuk menangkap partikulat adalah dengan menggunakan elektrostatik precipitators. Prinsip kerja metode ini adalah mengumpulkan aerosol dari udara dengan medan listrik. Media pengumpul berupa silinder yang terbuat dari bahan gelas atau logam yang pada pusatnya terdapat elektroda tegangan tinggi antara 10 hingga 20 kv.

II.5.3. Pengumpulan partikulat dengan Grab Sampler

Prinsip kerja metoda grab samplers berdasarkan atas perbedaan tekanan udara untuk mengumpulkan radioaktivitas udara, yaitu dengan menghampakan sebuah tabung kemudian mengisinya dengan udara yang akan dipantau . Untuk keperluan pencacahan biasanya tabung tersebut dilengkapi dengan detektor Geiger Muller yang ditempatkan di pusat tabung.

II.5.4. Pemantauan udara kontinyu

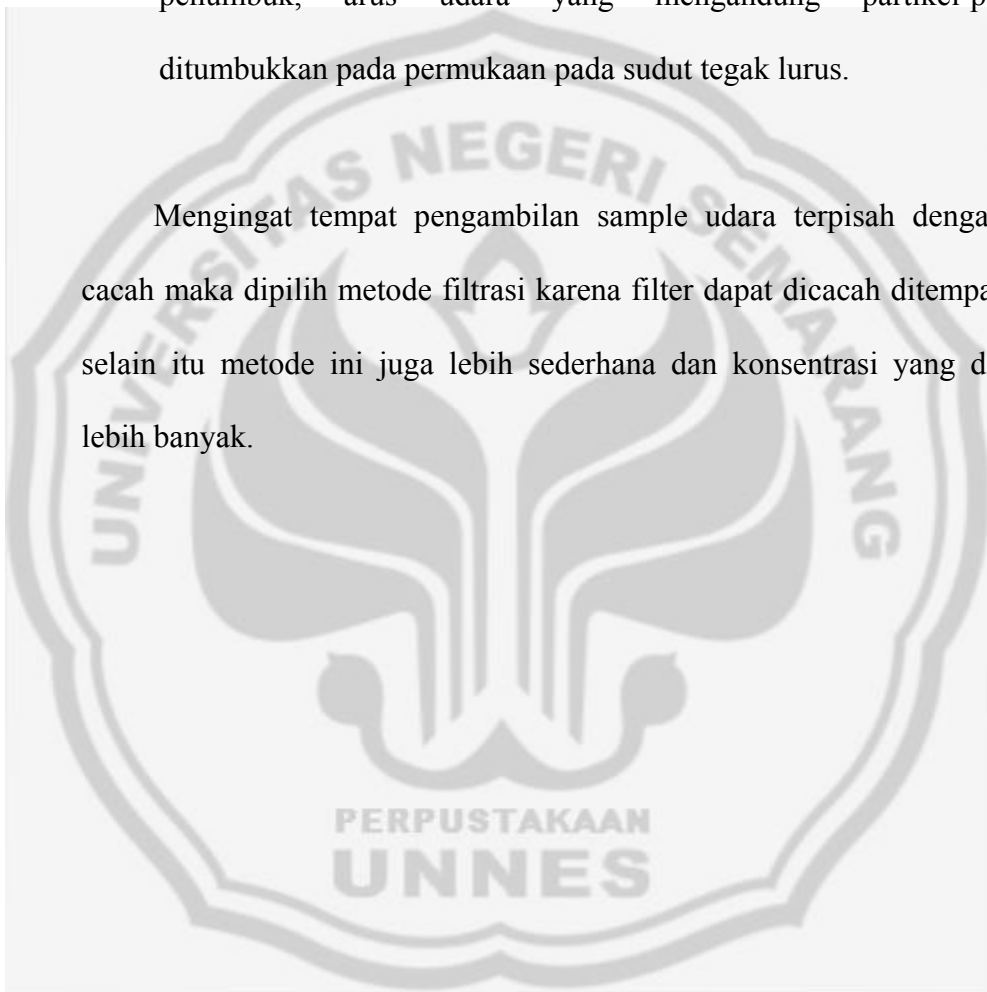
Pemantauan udara kontinyu digunakan untuk memantau radioaktivitas udara agar tetap pada tingkat yang diijinkan. Peralatan

pemantau yang dipergunakan sudah dilengkapi dengan alat cacah untuk mengukur besarnya radioaktivitas udara.

II.5.5. Menumbukkan udara ke dalam pengumpul

Pada pemantauan radioaktivitas udara menggunakan sistem penumbuk, arus udara yang mengandung partikel-partikel ditumbukkan pada permukaan pada sudut tegak lurus.

Mengingat tempat pengambilan sample udara terpisah dengan alat cacah maka dipilih metode filtrasi karena filter dapat dicacah ditempat lain, selain itu metode ini juga lebih sederhana dan konsentrasi yang diambil lebih banyak.



BAB III

METODOLOGI

III.1. Pelaksanaan Kegiatan

III.1.1. Lokasi

PTAPB BATAN (Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan Badan Tenaga Nuklir Nasional) Jln. Babarsari, Kelurahan Caturtunggal, kecamatan Depok, Kabupaten Sleman, Propinsi DIY.

III.1.2. Waktu

Penelitian dilaksanakan yaitu dari bulan Maret-Agustus 2006

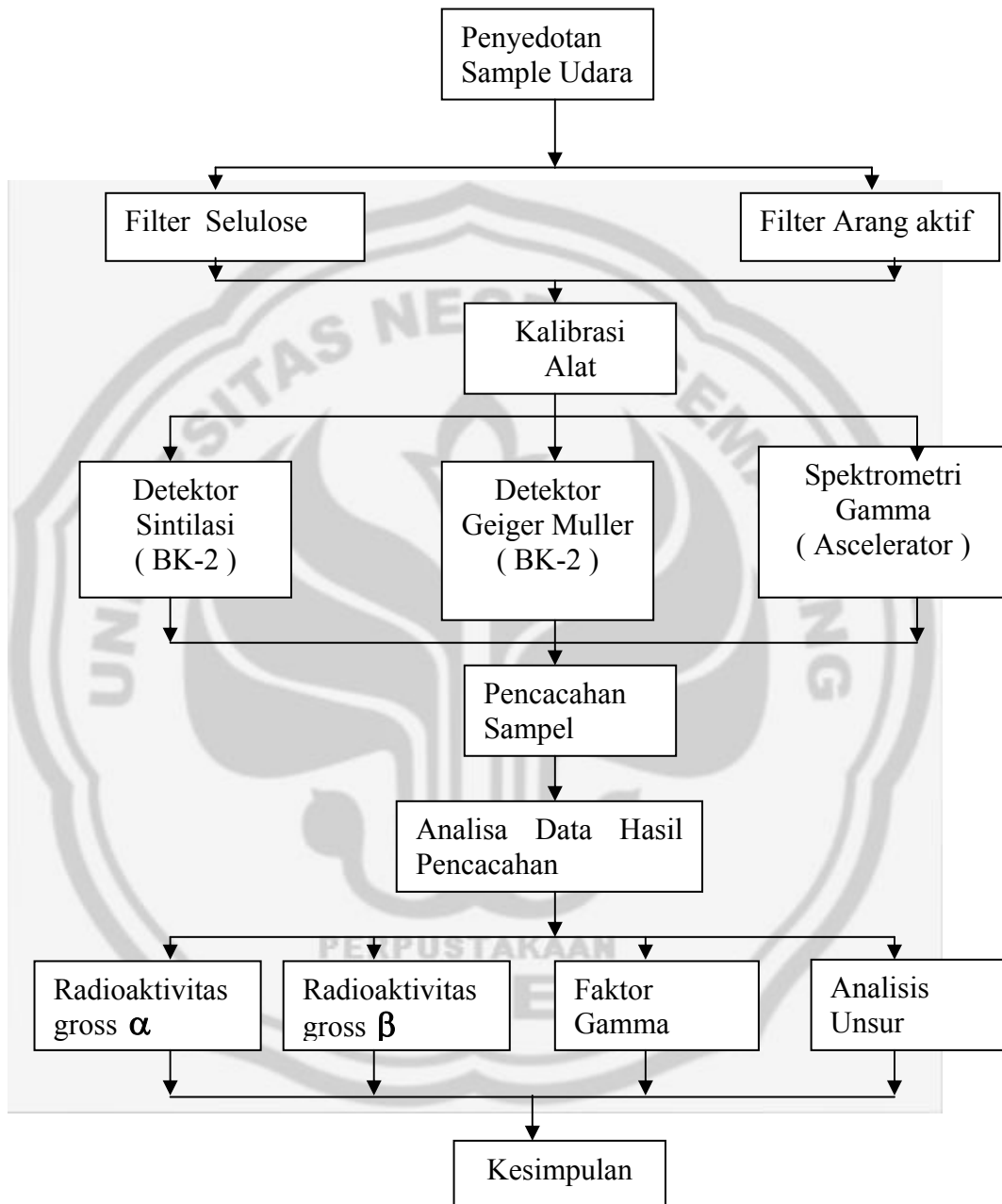
III.2. Metode Penelitian

III.2.1. Alat Dan Skema Penelitian

Alat yang di gunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Alat cacah beta ORTEC.
2. Alat cacah Alfa.
3. Spektrometri Gamma.
4. Pencatat waktu.
5. Trafo.
6. Pompa Hisap Staplex.
7. Sumber Tegangan

Skema Penelitian



Gambar.3. Skema Penelitian.

III.2.2. Bahan

Bahan yang digunakan adalah :

Kertas filter “cellulose filter “ tipe TFA 2133 dan kertas filter “Arang aktif” tipe TFA 2133 yang telah digunakan untuk menyedot udara.

III.2.3. Pengukuran efisiensi alat cacah

Sebelum digunakan untuk mencacah, alat cacah harus dikalibrasi terlebih dahulu:

1. Alat cacah Alfa

Sebelum alat cacah alfa digunakan, dilakukan pengukuran efisiensi alat cacah. Cara pengukuran efisiensi detektor yaitu dengan cara melakukan pencacahan sumber standar (^{241}Am) selama 10 menit. Kemudian dilakukan pencacahan latar selama 10 menit (lamanya sama dengan waktu pencacahan cuplikan) data yang di peroleh dimasukkan ke dalam rumus:

$$E\alpha = \frac{\text{cps standar} - \text{cps latar}}{\text{dps}} \times 100\%$$

Keterangan :

$E\alpha$: Efisiensi Alfa

cps standar : cacah per detik (*count per second*) sample standar

cps latar : cacah latar per detik (*count per second*) latar.

dps : Peluruhan per detik (*disintegrations per second*).

dps diperoleh melalui rumus:

$$dps = A_0 e^{-0,693(t/T)^{\frac{1}{2}}}$$

Keterangan :

A_0 = Aktivitas awal.

Pengukuran Sebanyak 10 kali pada sumber standar juga dapat digunakan untuk mencari tes chisquare

$$X^2 = \frac{\Sigma(x^2) - \Sigma(\bar{x})^2}{\bar{x}}$$

Keterangan :

X^2 : harga chi kuadrat

x : harga cacah

\bar{x} : harga cacah rata-rata.

2. Alat cacah Beta

Sebelum alat cacah Beta digunakan, dilakukan pengukuran efisiensi alat. Cara pengukuran efisiensi detektor yaitu dengan cara melakukan pencacahan sumber standar ^{40}K selama 10 menit kemudian dilakukan pencacahan latar selama 10 menit

(lamanya sama dengan waktu pencacahan cuplikan) data yang diperoleh dimasukkan kedalam rumus:

$$E\beta = \frac{\text{cps standar} - \text{cps latar}}{dps} \times 100\%$$

Keterangan :

$E\beta$: Efisiensi Beta

Pengukuran Sebanyak 10 kali pada sumber standar juga dapat digunakan untuk mencari tes chisquare

$$X^2 = \frac{\Sigma(x^2) - \Sigma(\bar{x})^2}{\bar{x}}$$

3. Alat Cacah Gamma

❖ Kalibrasi tenaga

Dengan menggunakan penganalisis salur ganda, maka akan diperoleh bentuk spektrum tenaga dari sumber radioaktif dan setiap tenaga pemancar akan memberikan puncaknya. Sesuai dengan besar radiasi tenaga gamma yang dipancarkan dari sumbernya. Sumber standar setelah dicacah hasilnya di buat plot tenaga sinar gamma standar dengan no salur puncak serapan total masing-masing tenaga menghasilkan garis lurus. Plot tersebut di sebut kurva kalibrasi tenaga jika dinyatakan secara sistematis dalam suatu persamaan garis.

$$Y = bX + a$$

Dengan X adalah tenaga sinar gamma dan y adalah no salur. Untuk mengolah data kalibrasi tenaga menjadi pers garis linier adalah menggunakan metode regresi linier dan diperoleh grafik yang berupa garis lurus.

❖ Melakukan kalibrasi energi

- Setelah Pencacahan sumber standar selesai, dicatat nomor kanal puncak dan energinya.
- Ketik huruf U, R untuk menjalankan program kalibrasi energi.

- Ketik GRECAL
- Pilih mode operasi dengan mengetik angka 2
- Masukkan data no kanal dan energinya yang telah dicatat.
- Tampil data persamaan kalibrasinya (Slope, Opset, Quadratic coefficient) kemudian dicatat dan dimasukkan dengan mengetik C, P, E.
- Peralatan telah siap untuk analisa kualitatif.

III.2.4. Cara Penelitian

1. Pengukuran Radioaktivitas Udara Ruang Reaktor

Udara dalam ruang reaktor dihisap dalam pompa hisap yang ditempatkan di atas dek reaktor lewat filter selulose selama 20 menit (merupakan waktu optimum penyedotan untuk anak turun radon dan Thoron). Filter digunting sesuai diameter detektor dan dicacah aktivitas beta, alfa. Pencacahan dilakukan setelah waktu tunda 7 menit (untuk mempersiapkan bahan yang akan dicacah pada detektor), waktu pencacahan alfa dan beta selama 10 menit

dan dilakukan pada saat yang bersamaan. Radioaktivitas beta hitung dalam Bq/m^3 . Pengukuran ini dilakukan pada saat reaktor operasi dan reaktor tidak operasi.

2. Pengukuran Radioaktivitas Udara di Gudang

Pengukuran radioaktivitas selain dilakukan di ruang reaktor juga dilakukan di gudang. Cara kerjanya sama dengan pengukuran radioaktivitas di ruang reaktor. Pengukuran ini dimaksudkan sebagai pembandingan dengan radioaktivitas udara dalam ruang reaktor.

3. Pengukuran Iodium

Udara di ruang reaktor yang sedang operasi disedot dengan pompa hisap yang diletakkan di dek reaktor melalui filter arang aktif selama 20 menit. Filter dicacah selama 5 menit dengan spektrometri gamma.

4. Pencacahan sample

a. Filter Sellulose

1. Filter diberi tanda lingkaran sesuai ukuran diameter detektor 2 buah, kemudian di pasang pada pompa hisap dan dioperasikan selama 20 menit.
2. Filter di potong sesuai ukuran diameter detektor, kemudian dimasukkan dalam detektor Geiger Muller untuk beta dan detektor Sintilasi untuk alfa.
3. Filter dicacah dengan waktu 10 menit, dengan waktu tunda 7 menit secara bersamaan.

b. Filter Arang aktif

1. Filter di pasang pada pompa hisap dan dioperasikan selama 20 menit.
2. Filter dilepas kemudian di masukkan dalam detektor NaI (Tl) untuk menentukan energi gamma.
3. Filter dicacah selama 5 menit.

III.2.5. Cara Perhitungan

1. Perhitungan faktor cacah pertama (faktor gamma)

$$\text{faktor gamma } (\Gamma) = \frac{\text{dpm beta gamma} / m^3}{\text{dpm alfa} / m^3}$$

dimana :

$$\text{dpm beta gamma} = \frac{\text{cpm}}{Qxt} \times \frac{100}{Eb} \times A \text{ dpm}/m^3$$

$$\text{dpm Alfa} = \frac{\text{cpm}}{Qxt} \times \frac{100}{Ea} \times A \text{ dpm}/m^3$$

Keterangan :

dpm : Peluruhan per menit (*disintegrations per Minute*)

cpm : Cacah permenit cuplikan setelah dikurangi cacah latar
(*count per minute*)

Q : Debit pompa vakum (m³/ menit)

t : Waktu Penyedotan (menit)

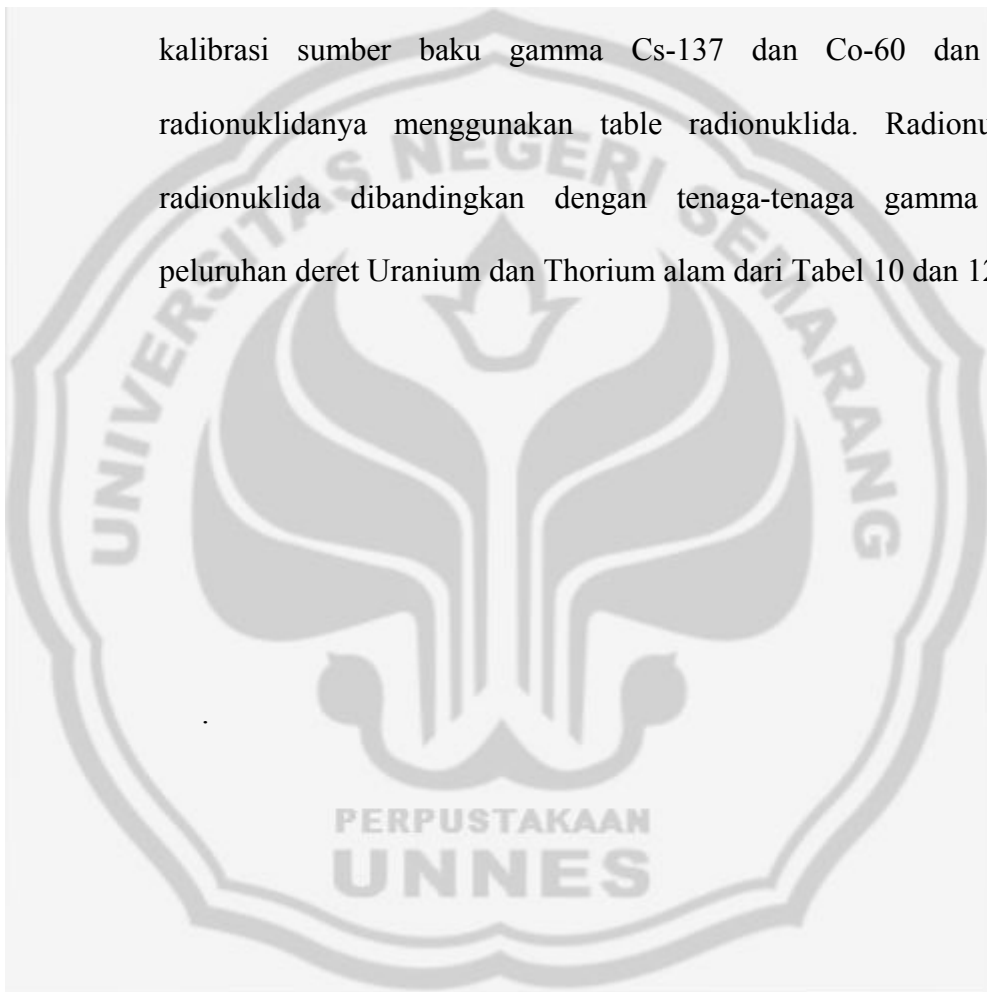
Eβ : Efisiensi alat cacah beta %

E_{α} : Efisiensi alat cacah alfa %

$$A : \text{Faktor luasan filter} = \frac{\text{Luas filter efektif}}{\text{Luas filter yang dicacah}}$$

2. Analisis spektrometri gamma

Dari spektrum gamma yang diperoleh ditentukan tenaganya dengan kalibrasi sumber baku gamma Cs-137 dan Co-60 dan jenis radionuklidanya menggunakan table radionuklida. Radionuklida-radionuklida dibandingkan dengan tenaga-tenaga gamma hasil peluruhan deret Uranium dan Thorium alam dari Tabel 10 dan 12.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1. Hasil

Dari penelitian yang telah dilakukan di peroleh radioaktivitas beta, radioaktivitas alfa, faktor gamma dan spektrum energi gamma. Penentuan untuk radioaktivitas beta udara pada filter selulose TFA 2133 di gunakan alat pencacah beta dengan detektor Geiger Muller Ortec selama 10 menit, untuk alat pencacah alfa digunakan detektor Sintilasi selama 10 menit, keduanya dicacah bersama-sama. Sedangkan untuk alat pencacah gamma dipergunakan detektor NaI(TL). Sebelum di pergunakan terlebih dahulu alat dikalibrasi.

IV.1.1. Uji kestabilan alat cacah dengan chi kuadrat (χ^2)

1. Detektor Sintilasi

Untuk menguji kestabilan alat cacah alfa detektor Sintilasi dilakukan pencacahan sumber alfa Americium-241 (Am^{241}) sebanyak 10 kali dengan hasil sebagai berikut:

Tabel I. Data uji chi kuadrat (χ^2) untuk detektor Sintilasi

No	Cacah	$(x - \bar{x})$	$(x - \bar{x})^2$
1	805	7	49
2	755	-43	1849
3	812	14	196
4	825	27	729
5	792	-6	36
6	816	18	324
7	776	-22	484
8	805	7	49
9	787	-11	121
10	807	9	81
jmlh	7980		3918

Dari hasil pencacahan tersebut didapatkan nilai chi kuadrat (χ^2) sebesar 4,9. Untuk tingkat keyakinan sebesar 95% harga chi kuadrat (χ^2) harus terletak diantara 2 harga batas yang ditentukan oleh jumlah pengukuran (n) dengan $n = 10$ harga batas χ^2 minimum 3,3 – maksimum 16,9 (Suratman, 1997. 51). Harga chi kuadrat 4,9 terletak pada jangkauan (3,3-16,9) sehingga dapat disimpulkan bahwa alat cacah Alfa yang dipakai dapat diandalkan secara statistik.

2. Detektor Geiger Muller

Untuk menguji kestabilan alat cacah Beta detektor Geiger Muller dilakukan pencacahan sumber beta Cobalt-60 (Co^{60}) sebanyak 10 kali dengan hasil sebagai berikut:

Tabel II. Data uji chi kuadrat untuk detektor Geiger Muller.

No	cacah	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$
1	1136	-25.1	630.01
2	1112	-49.1	2410.81
3	1215	53.9	2905.21
4	1139	-22.1	488.41
5	1218	56.9	3237.61
6	1134	-27.1	734.41
7	1204	42.9	1840.41
8	1160	-1.1	1.21
9	1125	-36.1	1303.21
10	1168	6.9	47.61
Σ	11611		13598.9

Dari hasil pencacahan tersebut didapatkan nilai chi kuadrat (χ^2) sebesar 11,71. Untuk tingkat keyakinan sebesar 95% harga chi kuadrat (χ^2) harus terletak diantara 2 harga batas yang ditentukan oleh jumlah pengukuran (n) dengan $n = 10$ harga batas χ^2 minimum 3,3 – maksimum 16,9. Harga chi kuadrat

11,71 terletak pada jangkauan (3,3-16,9) sehingga dapat disimpulkan bahwa alat cacah beta yang dipakai dapat diandalkan secara statistik.

IV.1.2. Efisiensi Pencacahan

1. Efisiensi Pencacahan alfa dengan detektor Sintilasi (Zn S)

Untuk menentukan Efisiensi dilakukan pencacahan sumber alfa Americium-241 (Am^{241}) selama 1 menit, dengan hasil sebagai berikut:

Tabel III. Data Kalibrasi efisiensi alfa dengan detektor Sintilasi.

No	Besaran/Spesifikasi	Kuantitas	Satuan
1	Tegangan Operasi	270	Volt
2	Isotop Standart Am^{241}		
	a. umur Paro	432,6	Th
	b. Aktivitas awal (02-08-1977)	155	Dps
	c. Aktivitas kini (03-04-2006)	8882	Dpm
	Waktu tunda = 28,7 th		
3	Cacah Cuplikan + latar	805	cpm
4	Cacah Cuplikan	0	Cpm
5	Cacah cuplikan	805	Cpm
6	Efisiensi	9,062	%

Dari hasil Kalibrasi alat tersebut diperoleh efisiensi Alfa
 $(E_{\alpha}) = 9,062 \%$.

2. Efisiensi Pencacah beta dengan detektor Geiger Muller.

Untuk menentukan Efisiensi dilakukan pencacahan sumber alfa K^{40} (dalam KCl) selama 1 menit, dengan hasil sebagai berikut:

Tabel IV. Data kalibrasi Efisiensi beta dengan detektor Geiger Muller .

No	Besaran	Kuantitas	Satuan
1	Tegangan Operasi	1000	Volt
2	Isotop Standart K^{40} dalam KCL		
	a. Waktu paro	$1,25 \cdot 10^4$	Th
	b. Massa bahan	0,01	Gram
	c. Jumlah Atom	$0,78 \cdot 10^{17}$	Atom
	d. Disintegrasi permenit K-40	101,6	Dpm
	e. Aktivitas	9,0424	%
	f. Intensitas	89	%
3	Waktu cacah	600	S
4	Cacah cuplikan + latar	10,4	cpm
5	Cacah latar	9,1	cpm
6	Cacah Cuplikan	1,3	cpm
7	Efisiensi Detektor	14,37	%

Dari hasil Kalibrasi alat tersebut diperoleh efisiensi beta

$$(E\beta) = 14,37 \%$$

3. Kalibrasi Tenaga Spektrometri Gamma.

Kalibrasi tenaga pada Spektrometri Gamma dilakukan agar dalam pencacahan sampel diperoleh hubungan antara no salur yang bersesuaian dengan energi sampel. Dalam kalibrasi energi di gunakan sumber standart Co^{60} dan Cs^{137} . Dengan mengikuti program Greal, maka kalibrasi pada alat Spektrometri Gamma yang akan digunakan sudah dilakukan secara otomatis.

Tabel V. Data Kalibrasi Tenaga Spektrometri Gamma

No	No Salur	E_{γ} (KeV)	E_{γ} Kalibrasi (KeV)
1	346	662	662
2	660	1173	1172,32
3	754	1332	1332,18

IV.1.3. Data Pengamatan

Untuk menghitung radioaktivitas gross beta, gross alfa dan faktor gamma digunakan rumus dibawah ini:

$$\text{dpm } \beta\gamma = \frac{\text{cpm}}{Qxt} \times \frac{100}{E\beta} \times A \text{ dpm/m}^3$$

$$\text{dpm } \alpha = \frac{\text{cpm}}{Qxt} \times \frac{100}{E\alpha} \times A \text{ dpm/m}^3$$

$$\Gamma = \frac{\text{dpm}\beta\gamma}{\text{dpm}\alpha}$$

$\text{dpm } \beta\gamma$: Radioaktivitas gross beta (Bq / m^3)

$\text{dpm } \alpha$: Radioaktivitas gross Alfa (Bq / m^3)

Q : Debit pompa vakum = 0,78 m^3 / menit

t : Waktu Penyedotan = 20 menit

$E\beta$: Efisiensi alat cacah beta %

E_{α} : Efisiensi alat cacah alfa %

$$A: \text{Faktor luasan filter} = \frac{\text{Luas filter efektif}}{\text{Luas filter yang dicacah}} = 6,25$$

Tabel VI. Data Radioaktivitas Beta/ Gamma, Radioaktivitas Alfa dan Faktor Gamma di Ruang Reaktor Kartini dan di Gudang BK-2

No	Cuplikan	Radioaktivitas $\beta\gamma$ (Bq/m ³)	Radioaktivitas α (Bq/m ³)	Faktor gamma (Γ)
1.	Udara ruang reaktor saat reaktor operasi	1,76- 4,86	0,30 - 0,79	5,52 - 6,67
2.	Udara ruang reaktor saat reaktor tidak operasi	2,87 - 17,91	0,43- 2,98	5,79 - 6,72
3.	Udara ruang gudang BK-2	1,92 - 6,17	0,32- 0,99	5,71 - 6,79

Tabel VII. Spektrum tenaga gamma udara di dalam ruang Reaktor Kartini dan ruang gudang Bidang Kesehatan dan Keselamatan Kerja (BK-2) BATAN.

Tenaga Gamma Udara			Jenis Radionuklida	Asal Radionuklida
Reaktor Operasi (KeV)	Reaktor Tidak Operasi (KeV)	Gudang (KeV)		
	291,01		Pb-214	U-238
295,69	295,00	295,72	Pb-214	U-238
		295,72	Pb-214	U-238
	302,15		Pb-214	U-238
350,14			Pb-214	U-238
351,19	351,72		Pb-214	U-238
351,69			Pb-214	U-238
507,60		510,70	Em-218	U-238
515,99			Em-218	U-238
522,04			Em-220	Th-232
609,70	609,93		Bi-214	U-238
611,70	610,96		Bi-214	U-238
	613,75		Bi-214	U-238
1163,97			Bi-214	U-238

IV.2. Pembahasan

Dalam pengoperasian reaktor kartini sudah dijamin keamanannya dengan keamanan berlapis, tapi meskipun begitu tetap perlu dilakukan pemantauan radioaktivitas baik secara rutin atau berkala. Dalam penelitian ini digunakan metode filtrasi yaitu menggunakan filter selulose untuk menentukan radioaktivitas gross beta dan faktor gamma dan filter Arang Aktif untuk mengidentifikasi adanya gas Iodium. Metode filtrasi dipilih karena memiliki kelebihan yaitu lebih sederhana, konsentrasi yang diambil lebih banyak dan dapat dicacah di tempat lain karena mengingat alat cacah yang digunakan terpisah dengan tempat pengambilan sample.

Dari tabel VI dapat dilihat hasil pengukuran radioaktivitas beta gross udara ruang reaktor pada saat reaktor beroperasi, dari sembilan kali pengambilan sample di dapatkan hasil antara (1,761 - 4,860) Bq/m³. Sebagai pembanding diambil juga sampel diruang reaktor pada saat reaktor tidak beroperasi sebanyak sepuluh kali didapatkan hasil yaitu antara (2,872 – 17,913) Bq/m³ dan radioaktivitas gros beta di gudang (Bk-2) sebanyak sembilan kali didapatkan hasil yaitu antara (1,924 - 6,171) Bq/m³. Dari data ini terlihat tidak ada perbedaan yang berarti antara radioaktivitas udara di dalam ruang reaktor yang sedang beroperasi dengan radioaktivitas di dalam ruang reaktor pada saat tidak beroperasi dan juga radioaktivitas di dalam gudang Kesehatan dan Keselamatan Kerja (BK-2) BATAN.

Radioaktivitas beta gross udara di dalam ruang reaktor sendiri dalam keadaan reaktor beroperasi normal menurut spesifikasi teknis yang

telah di setujui oleh Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan (PTAPB) BATAN, tidak boleh melebihi $40 \text{ Bq} / \text{m}^3$ (lampiran 6, table 12). (Suratman, 1998 : 56). Dari data pada saat reaktor beroperasi ternyata masih berada jauh di bawah harga batas spesifikasi teknis yang telah ditentukan hal itu menunjukkan bahwa tidak ada unsur-unsur yang berbahaya yang mungkin keluar dari hasil reaksi pada saat reaktor operasi, Pada saat reaktor tidak beroperasi radioaktivitas beta juga masih di bawah harga batas akan tetapi radioaktivitasnya lebih besar bila dibandingkan pada saat reaktor operasi, hal ini terjadi karena didalam ruangan yang memiliki sirkulasi yang kurang sehingga konsentrasi radon dan thoron semakin besar.

Dalam tabel VI juga dapat dilihat nilai faktor gamma (perbandingan radioaktivitas beta / gamma dengan radioaktivitas alfa) di dalam ruang Reaktor Kartini pada saat reaktor operasi sebesar (5,52 -6,67) pada saat reaktor tidak operasi (5,79 - 6,72) dan di ruang gudang (BK-2) sebesar (5,71- 6,79). Dapat kita lihat bahwa nilai faktor gamma di tiga tempat tersebut di dapatkan hasil yang relatif sama dan memiliki nilai yang konstan. Harga faktor cacah pertama cuplikan udara yang di peroleh dengan harga faktor cacah pertama ruangan latar bila di bandingkan dan memiliki harga faktor cacah pertama cuplikan udara lebih besar berarti ada kontaminasi radioaktivitas beta , gamma di udara . Bila harga faktor cacah pertama cuplikan udara lebih kecil berarti ada kontaminasi alfa di udara. Bila pada perbandingan ini harga faktor cacah pertama cuplikan udara yang terukur tidak menunjukkan adanya perbedaan dengan harga faktor cacah pertama

latar maka berarti radioaktivitas cuplikan udara yang terukur hanyalah anak turun radon dan thoron (Suratman, 1998: 44). Sehingga dapat disimpulkan bahwa unsur-unsur yang terkandung hanya merupakan anak turun radon. Radon (Rn-222) dan thoron (Rn-220) itu merupakan hasil peluruhan Uranium dan thorium alam misalnya yang terdapat dalam bahan-bahan bangunan. Anak turun radon diudara mengalami peluruhan menghasilkan berbagai zat radioaktif berumur panjang dan pendek, memancarkan radiasi alfa dan beta yang dapat di sertai radiasi gamma, dan yang berbentuk partikel dan menempel pada debu.

Tabel VII. Merupakan hasil spektrum tenaga gamma udara di dalam ruang reaktor pada saat reaktor operasi, pada saat reaktor tidak beroperasi dan pengukuran di gudang Bidang Kesehatan dan Keselamatan Kerja (BK-2) menggunakan filter arang aktif. Untuk Grafik hasil Spektrometri gamma dapat dilihat pada lampiran 5. Hasil pengukuran spektrometri gamma terlihat radioaktivitas gamma terdiri dari radionuklida-radionuklida Pb-214, Em-218, Em-220, Bi-214. Dari hasil spektrometri gama tersebut tidak ditemukan energi yang menunjukkan adanya unsur Iodium, unsur-unsur yang ditemukan tersebut merupakan hasil peluruhan anak turun radon dan thoron dari peluruhan deret Uranium dan torium alam seperti terlihat pada tabel 10 dan Tabel 11 pada lampiran 6 (Suratman, 2001: 123).

Bila di bandingkan dengan hasil pengukuran spektrometri gamma ruang reaktor dan ruang lain yang tidak bekerja dengan radioaktif, maka radionuklida-radionuklida yang terukur hanya terdiri dari radionuklida-

radionuklida anak turun radon dan thoron yang terukur tiap ruang berbeda dan tidak merata. Ini disebabkan karena kondisi udara yang berbeda sehingga partikel anak turun radon dan thoron yang menempel pada debu atau partikel udara berbeda, yang memungkinkan sebagian partikel anak turun radon dan thoron lolos lewat filter udara.

Dari analisis hasil pengukuran radioaktivitas udara diruang reaktor kartini dengan metoda faktor cacah pertama (faktor gamma) mempunyai harga konstan, menunjukkan bahwa aktivitas hanyalah dari radionuklida alamiah anak turun radon dan thoron. Demikian juga dari hasil analisis spektrometri gamma menunjukkan bahwa radioaktivitas hanyalah dari radionuklida alamiah anak turun radon dan thoron, sama seperti radionuklida-radionuklida di ruang reaktor maupun di dalam ruang-ruang lain. Pada operasi normal Reaktor Kartini tidak menunjukkan adanya indikasi pelepasan radioaktivitas hasil operasi reaktor berupa radionuklida hasil belah misalnya Iodium. Hal ini membuktikan juga bahwa selongsong reaktor dalam keadaan baik atau tidak bocor.

BAB V

PENUTUP

V.I. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan dapat di ambil kesimpulan:

1. Nilai radioaktivitas Gross beta di dalam ruang Reaktor Kartini pada saat operasi antara (1,761 - 4,860)Bq/m³ ., pada saat tidak beroperasi antara (2,872 – 17,913) Bq/m³ dan diruang gudang Bidang Kesehatan dan Keselamatan Kerja (BK-2) antara (1,924 - 6,171) Bq/m³ . Nilai tersebut masih berada dibawah harga batas spesifikasi teknis yang telah di tentukan sehingga aman untuk keselamatan pekerja radiasi.
2. Nilai faktor cacah pertama (faktor gamma) di Reaktor Kartini baik pada saat operasi (5,52 -6,67) atau pada saat tidak operasi (5,79 - 6,72) dan di gudang Bidang Kesehatan dan Keselamatan Kerja (Bk-2) (5,71- 6,79) mempunyai harga yang cenderung konstant menunjukkan unsur-unsur yang terkandung merupakan anak turun radon dan thoron.
3. Unsur- unsur yang didapatkan Pb-214, Em-218, Em-220, Bi-214 dari tiga tempat dalam ruang reaktor Kartini pada saat operasi, pada saat tidak operasi dan di ruang gudang Bidang Kesehatan dan Keselamatan Kerja (BK-2) BATAN menunjukkan bahwa radioaktivitas hanya berasal dari anak turun radon dan thoron.
4. Tidak ada indikasi kebocoran pada selongsong reaktor hal ini ditunjukkan dengan tidak ditemukannya radionuklida hasil belah misalnya Iodium yang keluar pada saat reaktor operasi pada pencacahan filter arang aktif.

V.2. Saran

Selain menggunakan filter selulose untuk mengetahui radioaktivitas gross beta dalam pengawasan Reaktor Kartini yang sudah rutin dilakukan pada saat operasi juga perlu dilakukan pengukuran gas Iodium dengan filter arang aktif sebagai indikasi dini terjadinya kebocoran pada selongsong reaktor.



DAFTAR PUSTAKA

Beiser,A, 1999. *Konsep Fisika Modern Jakarta*: Erlangga.

Haditjahyono, Hendriyanto. 1994. *Deteksi dan pengukuran Radiasi*. Yogyakarta:
BATAN.

Krane,K.S.1992. *Modern Physics (Alih bahasa oleh Hanj Wasponik)*. New York :
Jhon Willey and Sons.

Suratman.1998. “*Identifikasi Radionuklida Udara Buang Reaktor Kartini*“, Jurnal
Nusantara Kimia. Yogyakarta : PPNY- BATAN.

Suratman. 1996. *Introduksi Proteksi Radiasi Bagi Siswa / mahasiswa Praktek*.
Yogyakarta : Puslitbang Teknologi Maju – BATAN.

Suratman. 1998. *Pengawasan Keselamatan Radiasi Reaktor Kartini*. Yogyakarta :
PPNY-BATAN.

Suratman. 1997. *Pengukuran Radioaktivitas Beta*. Yogyakarta : PPNY-BATAN.

Susetyo, Wisnu. 1988. *Spektrometri Gamma dan Penerapannya dalam Analisis
Pengaktifan Neutron*. Yogyakarta : Gajah Mada University Press.

Sutrisno, Indriyotomo. *Radioaktivitas Alamiah Pada Berbagai Sampel Media
Lingkungan* . Yogyakarta: Puslitbang Teknologi Maju – BATAN.

Wardana, W.A. 1996. *Teknik Analisis Radioaktivitas Lingkungan*. Yogyakarta:
Andi Offset