

## **PENGARUH WAKTU PENGAMBILAN SAMPLING PADA ANALISIS UNSUR RADIOAKTIF DI UDARA DENGAN MENGGUNAKAN SPEKTROMETER GAMMA**

**Noviarty, Iis Haryati, Sudaryati, Susanto**  
Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir-BATAN  
Kawasan PUSPIPTEK, Serpong, Tangerang

### **ABSTRAK**

**PENGARUH WAKTU PENGAMBILAN SAMPLING PADA ANALISIS UNSUR RADIOAKTIF DI UDARA DENGAN MENGGUNAKAN SPEKTROMETER GAMMA.** Telah dilakukan analisis unsur radioaktif di udara buang pada cerobong IRM dengan menggunakan Spektrometer Gamma. Waktu pengambilan sampling dilakukan dengan variasi waktu dari 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit, dengan tujuan untuk menentukan pengaruh waktu sampling terhadap hasil pemantauan lepasan udara di cerobong IRM yang mengandung zat radioaktif. Pemantauan dilakukan dengan menganalisis unsur radioaktivitas udara menggunakan alat spektrometer gamma. Hasil analisis menunjukkan bahwa lamanya waktu sampling udara tidak mempengaruhi hasil analisis zat radioaktif yang terlepas ke lingkungan walaupun waktu pengambilan sampling di perpanjang hingga 60 menit, karena hasil cacah sampling yang diperoleh dibandingkan dengan hasil cacah latar tidak begitu jauh berbeda. Hal ini dibuktikan juga dengan uji beda (uji-F) yang menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan dari hasil analisis tersebut karena nilai uji beda hasil analisis sampling untuk isotop Cs-137 adalah 0.2244 dan 7.277 untuk isotop U-235, sedangkan nilai uji beda pada tabel lebih tinggi yaitu 9.28 pada tingkat kepercayaan 95%.

**Kata kunci :** radioaktivitas, spektrometri gamma, udara buang.

### **PENDAHULUAN**

Instalasi Radiometalurgi (IRM) adalah salah satu instalasi yang terdapat di Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir yang dimanfaatkan sebagai tempat untuk penelitian dan pengembangan teknologi bahan bakar nuklir sebelum diiradiasi ataupun setelah iradiasi, sehingga menghasilkan udara buang yang berpotensi menyebabkan kontaminasi radioaktif dapat lepas ke lingkungan melalui cerobong lepasan udara. Pengendalian lepasan radionuklida ke lingkungan atmosferik dan akuatik adalah sesuatu hal yang penting dan harus dilakukan, agar tidak menimbulkan bahaya bagi manusia dan lingkungan.

Dalam rangka pengendalian lepasan udara ke lingkungan agar tidak menimbulkan bahaya terhadap lingkungan, maka Bidang Keselamatan yang ada di Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir senantiasa melakukan pemantauan dengan mencuplik udara buang yang ada pada cerobong lepasan udara IRM. Selanjutnya sampling udara tersebut diukur kandungan radionuklidanya dengan menggunakan alat Spektrometer Gamma EG & G ORTEC yang terdapat di laboratorium fisika kimia IRM<sup>[1,2]</sup>.

Pada analisis udara buang pada cerobong IRM sebelumnya disimpulkan bahwa pada sampel cuplikan udara tidak ada zat radioaktif yang terlepas ke lingkungan, karena hasil cacah sampling yang diperoleh dibandingkan dengan hasil cacah latar tidak begitu jauh berbeda, sehingga dapat diabaikan<sup>[2]</sup> Namun cacahan tersebut adalah dari hasil cuplikan sampel yang diambil selama 15 menit sehingga mungkin dalam waktu 15 menit tersebut unsur radioaktivitas yang ada diudara belum optimal tercuplik. Untuk membuktikan hal tersebut perlu dilakukan pencuplikan udara dengan variasi waktu pencuplikan, sehingga hasil pengukuran unsur radioaktivitas udara yang terukur akan memberikan informasi yang sebenarnya tentang kondisi radioaktivitas dalam gedung IRM<sup>[2]</sup>.

Spektrometer Gamma merupakan alat analisis yang digunakan untuk identifikasi radionuklida dengan cara mengamati spektrum karakteristik yang ditimbulkan oleh interaksi radiasi dengan materi detektor. Detektor yang digunakan adalah detektor HPGe yang dapat berfungsi dengan baik sebagaimana yang diharapkan, jika detektor senantiasa didinginkan sampai temperatur  $-196^{\circ}\text{C}$ <sup>[3]</sup>. Sebelum analisis dilakukan, terlebih dahulu dilakukan kalibrasi terhadap alat spektrometer gamma. Kalibrasi alat dilakukan pada energi gamma dengan menggunakan sumber standar Co-60 pada dua puncak energinya yaitu energi 1173,24 keV dan energi 1332,50 keV<sup>[3]</sup>. Selanjutnya diamati besarnya intensitas radiasi (cacahan radiasi) dan resolusi yang dihasilkan sesuai dengan puncak energi yang telah ditentukan. Resolusi ditentukan dari perbandingan antara *FWTM (Full Width at Tenth Maximum)* dan *FWHM(Full Width at Half Maximum)* yang biasa disebut dengan *Gauss ratio*. Nilai *Gauss ratio* yang baik adalah berkisar antara 1,83 sampai dengan 2,00<sup>[3,4]</sup>. Besar cacahan radiasi dan resolusi yang dihasilkan kemudian diamati dan dicocokkan dengan tabel *QC Charts* (Gambar 1) yang telah dibuat sebelumnya. Jika hasil kalibrasi sesuai dengan tabel *QC Charts* maka pengukuran sampel cuplikan dengan menggunakan spektrometer gamma dapat dilakukan<sup>[5]</sup>.

Pengukuran radioaktivitas sampling cuplikan dilakukan menggunakan spektrometer gamma dengan lama cacahan 15.000 detik. Selanjutnya besar radioaktivitas dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan :

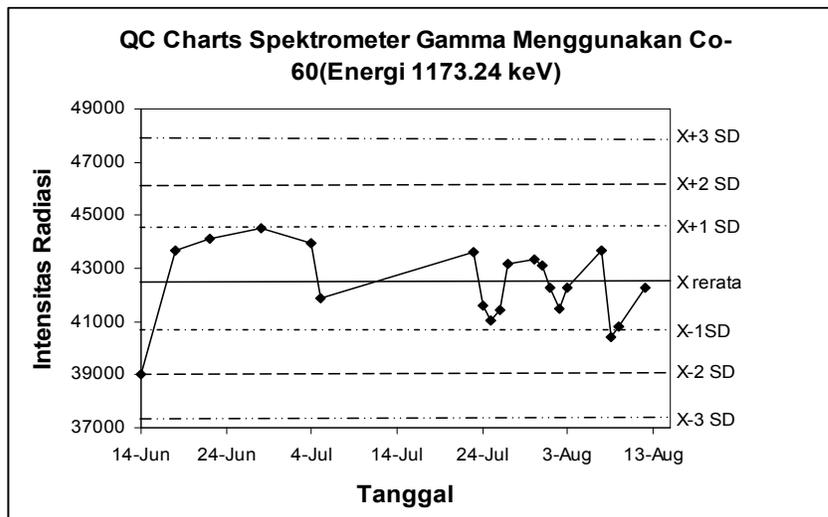
$$\text{Aktivitas (dps)} = \frac{\text{Laju cacah (cps)}}{Y(E) \cdot \varepsilon (E)} \dots\dots\dots(1)$$

dengan :

$Y(E)$  = yield harganya dilihat dari tabel isotop,

Laju cacah = Diperoleh dari cacah/ detik

$\epsilon(E)$  = Efisiensi diperoleh dari kurva kalibrasi efisiensi Eu-152



Gambar-1. QC charts spektrometer gamma energi 1173,24 keV

Untuk membuktikan apakah ada perbedaan hasil pengukuran antara hasil cacah sampel dan hasil cacah latar, dilakukan uji beda (Uji F) dengan menggunakan rumus :

$$Uji F = \frac{SD(1)besar}{SD(2)kecil} \dots\dots\dots(2)$$

Jika nilai F terukur kecil dari nilai F tabel, maka tidak ada perbedaan, sedangkan jika nilai F terukur besar dari nilai F tabel maka ada perbedaan.

**METODOLOGI**

Metodologi dalam menganalisis ini menggunakan sumber standar Co-60 yang dipakai sebagai bahan untuk kalibrasi energi. Sumber Eu-152 digunakan sebagai bahan untuk standar kalibrasi efisiensi untuk cuplikan udara dari buangan cerobong *Stack Monitor* IRM. Selanjutnya peralatan yang *air sampler* digunakan untuk pengambilan sampling udara, dan Spektrometer Gamma *EG&G ORTEC* digunakan sebagai alat ukur radioaktivitas gamma unsur radioaktif dalam sampling udara.

## **Prosedur Percobaan**

### **1. Pengambilan sampling udara**

Pengambilan sampling cuplikan udara buang pada cerobong IRM dilakukan menggunakan alat *air sampler* dengan waktu pengambilan bervariasi dari 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit. Sampling udara yang telah diambil kemudian dicacah kandungan radioaktivitas gammanya.

### **2. Penyiapan kondisi operasi**

Sebelum melakukan pengoperasian peralatan dilakukan pengkondisian ruangan dan peralatan sebagai berikut <sup>[3]</sup>:

- a. Kondisi ruangan: Suhu 21 °C dan Humiditas maks. 63 %
- b. Dewar detektor telah terisi nitrogen cair paling lambat 7 jam sebelum operasi<sup>[2]</sup>
- c. Pembuatan tabel *QC Chart* alat Spektrometer gamma

### **3. Pengoperasian alat**

Pengoperasian alat Spektrometer Gamma dilakukan dengan menaikkan tegangan hingga mencapai 2,8 kV. Untuk menaikkan tegangan tersebut dilakukan dengan cara memutar tombol *HV* yang terletak pada panel *MCA(Multi Chanel Analyse)* secara perlahan. Setelah tegangan alat mencapai 2.8 kV, dilakukan kalibrasi energi peralatan menggunakan sumber standar Co-60, dengan lama pencacahan 1000 detik. Selanjutnya dimasukkan nilai energi Co-60 yaitu pada energi 1173,24keV dan energi 1332,50 keV. Setelah energi alat terkalibrasi, dilakukan pengamatan besar intensitas cacahan. *FWTM* dan *FWHM* yang dihasilkan pada *channel* energi 1173,24 keV dan *channel* energi 1332,50 keV, dan besar intensitas cacahan yang diperoleh kemudian dicocokkan dengan Tabel *QC-Chart* sesuai dengan besar energinya. Demikian juga dengan besar nilai *FWTM* dan *FWHM* yang diperoleh, dicocokkan ke dalam Tabel *Gaus Ratio* pengukuran Co-60.

### **4. Pengukuran cacah latar**

Pengukuran cacah latar dilakukan terhadap wadah kosong setelah alat terkalibrasi dengan waktu cacah 15000 detik. Selanjutnya dilakukan analisis spektrum hasil pengukuran<sup>[2]</sup>.

### **5. Pengukuran sampel cuplikan udara buang cerobong IRM**

Pengukuran sampling cuplikan udara buang cerobong IRM dilakukan dengan waktu cacah 15000 detik setelah alat terkalibrasi. Selanjutnya dilakukan analisis spektrum yang dihasilkan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui kondisi latar atau *background* dari ruang pencacahan dapat diketahui dari pengamatan kalibrasi energi gamma dengan menggunakan sumber standar Co-60, yang dilakukan pada dua puncak energi yaitu pada energi 1173,24 keV dan 1332,50 keV. Diperoleh besar intensitas cacahan dari masing-masing energi pengukuran sebesar 42359 cacah/1000detik (42.359cps) untuk energi 1173,24 keV dan 38565 cacah/1000detik(38,565cps) untuk energi 1332,50 keV. Nilai cacahan yang diperoleh dimasukkan ke dalam nilai *QC charts* (merupakan suatu cara untuk melihat apakah suatu alat dapat berfungsi dengan baik dan optimal) Spektrometer Gamma yang telah dibuat sebelumnya. Dari nilai cacahan tersebut diperoleh bahwa nilai cacahan intensitas energi Co-60 berada di daerah batas yang dibolehkan, demikian juga dengan nilai *gauss ratio* yang diberikan masih berada dalam batas yang dibolehkan yaitu pada nilai 1.83 sampai dengan 2.00. Hal ini menunjukkan bahwa detektor berfungsi baik sehingga pengukuran cuplikan sampel udara buang dapat dilakukan, dan untuk hasil pengukuran cacah latar dari masing masing unsur ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran cacah latar

Unsur	Energi(KeV)	Cacah/dtk	Gaus Ratio
Np-237	86.50	0,0608±0,0078	1.48
U-235	185.71	0,3008±0,0102	1.82
Pb-214	351.3	0,0619±0,0055	1.58
Pb-214	580.15	0,0453±0,0037	1.57
Xe-135	609.31	0,0617±0,0039	1.77
Cs-137	661.66	0,1055±0,0040	1.60
K-40	1460.75	0,1919±0,0038	1.98

Tabel 2. Hasil pengukuran sampling udara buang IRM dengan waktu sampling 15 menit

Unsur	Energi(KeV)	Cacah/dtk	Gauss Ratio
Np-237	86.50	0,0361±0,0108	1.31
U-235	185.71	0,3013±0,0104	1.39
Pb-214	351.3	0,0698±0,0055	1.62
Pb-214	580.15	0,0402±0,0039	1.69
Xe-135	608.19	0,0606±0,0039	1.77
Cs-137	661.66	0,1081±0,0045	1.74
K-40	1460.75	0,1949±0,0039	1.88

Tabel 3. Hasil pengukuran sampling udara buang IRM dengan waktu sampling 30 menit

Unsur	Energi(KeV)	Cacah/dtk	Gauss Ratio
Np-237	86.50	0,0607±0,0118	1.50
U-235	185.71	0,3083±0,0097	1.40
Pb-214	351.3	0,0647±0,0060	1.40
Pb-214	580.15	<b>0,0463±0,0041</b>	1.69
Xe-135	608.19	0,0605±0,0040	1.51
Cs-137	661.66	<b>0,1079±0,0042</b>	1.70
K-40	1460.75	<b>0,1960±0,0039</b>	2.22

Pada hasil pengukuran sampling cuplikan udara buang dari cerobong IRM, yang dilakukan dengan variasi waktu sampling 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit (alat sampling udara hanya mempunyai kemampuan menghisap udara maksimal 60 menit), yang ditunjukkan pada Tabel 2 sampai dengan Tabel 5 terlihat bahwa untuk unsur Np-237, Pb-214 energi 351.3 KeV dan Xe-135 cacah terbesar terjadi pada waktu sampling selama 45 menit, dengan nilai resolusi yang dinyatakan dalam nilai *gauss ratio* berada diluar nilai harga *gauss ratio* yang diperbolehkan yaitu 1.83 s/d 2.00<sup>[3]</sup>, sedang pada pengukuran Pb-214 energi 580.15 KeV, U-235 dan K40 terlihat bahwa cacah terbesar terjadi pada waktu sampling selama 30 menit. Namun jika dilihat dari

hasil cacah dari masing-masing unsur dengan waktu sampling yang bervariasi (15, 30, 45 dan 60 menit) menunjukkan bahwa pengaruh waktu pengambilan sampling dapat diabaikan.

Tabel 4. Hasil pengukuran sampling udara buang IRM dengan waktu sampling 45 menit

Unsur	Energi(KeV)	Cacah/dtk	Gauss Ratio
Np-237	86.50	<b>0,0619±0,0100</b>	1.49
U-235	185.71	0,3065±0,0110	1.31
Pb-214	351.3	<b>0,1061±0,0121</b>	<b>1.23</b>
Pb-214	580.15	0,0383± 0,0059	<b>1.23</b>
Xe-135	608.19	<b>0,0665±0,0041</b>	1.77
Cs-137	661.66	<b>0,1083±0,0042</b>	1.83
K-40	1460.75	0,1929±0,0038	2.05

Tabel 5. Hasil pengukuran sampling udara buang IRM dengan waktu sampling 60 menit

Unsur	Energi(KeV)	Cacah/dtk	Gauss Ratio
Np-237	86.50	0,0423±0,0113	1.15
U-235	185.71	<b>0,3057±0,0111</b>	1.91
Pb-214	351.3	0,0584±0,0059	1.61
Pb-214	580.15	0,0402±0,0037	1.70
Xe-135	608.19	0,0597±0,0039	1.74
Cs-137	661.66	0,1099±0,0043	1.82
K-40	1460.75	0,1919±0,0039	2.13

Selanjutnya pada Tabel 2 sampai Tabel 5 terlihat juga bahwa untuk hasil pencacahan Cs-137 cacah terbesar terjadi pada waktu sampling selama 60 menit. Namun hasil cacah tersebut jika dibandingkan dengan hasil cacah latar yang ditunjukkan dalam Tabel 1 tidak memberikan perbedaan yang signifikan, sehingga

---

lepasan Cs-137 dan U-235 ke udara dapat diabaikan. Demikian juga dengan hasil pencacahan isotop lainnya.

Untuk membuktikan perbedaan yang tidak signifikan antara hasil cacah sampling dan hasil cacah latar, dilakukan uji beda (Uji F) terhadap isotop U-235 dan isotop Cs-137 karena kedua isotop tersebut mempunyai kontribusi yang cukup penting dalam kontaminan zat radioaktif. Dari uji beda yang dilakukan diperoleh uji beda isotop Cs-137 sebesar 0,2244, dan untuk isotop U-235 sebesar 7,4277. Nilai uji beda yang diperoleh kemudian dicocokkan dengan nilai uji beda tabel, dari tabel diperoleh nilai uji beda sebesar 9,28. Nilai Uji beda dari kedua isotop yang diperoleh terlihat lebih kecil dari nilai uji beda tabel sehingga membuktikan bahwa tidak ada perbedaan hasil cacah sampling dan cacah latar. Hasil ini telah membuktikan juga bahwa udara buang dari cerobong IRM tidak mengandung kontaminan radioaktif<sup>[6]</sup>. Hasil seperti ini diperoleh pada kondisi sedang tidak ada pembongkaran bahan bakar bekas, selain itu juga karena *High Efficiency Particulate Air (HEPA) filter* yang digunakan cukup baik untuk menangkap partikulat debu sebesar 99,97% untuk diameter 0,3  $\mu\text{m}$  dengan beda tekanan awal normal 250 Pa.

## KESIMPULAN

Telah dilakukan analisis radiaktivitas pada cuplikan udara buang dari cerobong IRM dengan waktu cuplik bervariasi dari 15 menit sampai 60 menit, menggunakan metoda spektrometer gamma. Dari hasil pengukuran disimpulkan bahwa waktu atau lama pengambilan sampling udara tidak mempengaruhi hasil analisis zat radioaktif yang terlepas ke lingkungan walaupun waktu sampling di perpanjang sampai dengan 60 menit. Hal ini dapat diketahui setelah hasil cacah cuplikan yang diperoleh dibandingkan dengan hasil cacah latar telah memberikan hasil tidak jauh berbeda. Hal ini juga dibuktikan dengan uji beda (uji-F) yang menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan dari hasil analisis tersebut karena nilai uji beda hasil analisis sampling untuk isotop Cs-137 yaitu 0,2244, dan untuk isotop U-235 7.4277. Sedangkan nilai uji beda tabel memberikan hasil yang lebih rendah yaitu 9,28 dengan tingkat kepercayaan 95%, sehingga dapat dinyatakan bahwa udara buang yang diambil dari cerobong IRM tidak mengandung kontaminan radioaktif. Hasil seperti ini diperoleh pada kondisi sedang tidak ada pembongkaran elemen bahan bakar bekas di dalam sel panas IRM dan selain itu buangan udara dari dalam sel panas di filter menggunakan filter *HEPA (High Efficiency Particulate Air)* yang mempunyai efisiensi penyaringan minimal sebesar 99, 97% untuk partikulat berdiameter 0,3  $\mu\text{m}$ .

**DAFTAR PUSTAKA**

1. ANONIM, "Materi Rekualifikasi Petugas Proteksi Radiasi Bidang Instalasi Nuklir", BAPETEN Jakarta, Tahun 2003.
2. NOVIARTY dkk, "Analisis Unsur Radioaktivitas Udara Buang Pada Cerobong IRM Menggunakan SPEKTROMETER GAMMA" Majalah Ilmiah PIN PTBN Vol. 2, No. 1 ISSN 1979-2409, Jakarta, Tahun 2010.
3. ANONIM, "*Operator's Manual Spectrometer Gamma EG & G ORTEC*", EG & G ORTEC Tennessee, USA, Tahun 1990.
4. WISNU SUSETYO "*Spektrometri Gamma*" Gajah Mada University Press Yogyakarta, Tahun 1988.
5. NOVIARTY dkk, "Kontrol Kinerja Spektrometer Gamma Menggunakan Metoda *Quality control chart*" Prosiding Seminar Fungsional Non Peneliti PTKMR Desember 2007 ISSN 1978-9971.
6. Robert L. Anderson "*Practical Statistics for Analytical Chemists*" Van Nostrand Reinhold Company New York 1987, page 290.