

## OPTIMASI PENGUKURAN KEAKTIVAN RADIOISOTOP Cs-137 MENGUNAKAN SPEKTROMETER GAMMA

NOVIARTY, DIAN ANGGRAINI, ROSIKA, DARMA ADIANTORO

*Pranata Nuklir Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir-BATAN*

### **Abstrak**

**OPTIMASI PENGUKURAN KEAKTIVAN RADIOISOTOP CS-137 MENGGUNAKAN SPEKTROMETER GAMMA.** Optimasi pengukuran perlu dilakukan karena diduga akan mempengaruhi waktu mati detektor, terutama pada pengukuran isotop dengan aktivitas tinggi. Optimasi pengukuran keaktifan isotop dilakukan pada pencacahan isotop standar point Cs-137. Optimasi pengukuran dilakukan dengan menvariasikan jarak pengukuran sampel (Standar isotop Cs-137) 2.5; 5.0; 7.5; dan 10 cm dari detektor. Selanjutnya diamati besar cacahan dan nilai waktu mati yang diberikan. Dari hasil pengamatan diperoleh posisi optimal untuk pengukuran isotop adalah pada jarak yang memberikan waktu mati 1.8% – 3.4% dalam hal ini pada jarak 5 cm dari detektor, dengan nilai akurasi sebesar 91.48%

*Kata kunci : Optimasi, Radioaktivitas, Isotop Cesium, Spektrometri Gamma*

### **Abstract**

**THE OPTIMIZE OF CS-137 ACTIVITY USING GAMMA SPECTROMETER.** The Optimize measurement of radioactivity is necessary to be known, particularly for the high gamma source, measurement to decrease its effect on the detector dead time. This work is applied to the Cs-137 standard point counts measurements within the source to detector distances range of 2.5; 5.0; 7.5; and 10 cm. The correlation of counts and the detectors dead time was observed. The results showed that the optimized position of gamma source to the detector distance was on 5.0 cm at the dead time of between 1.8% - 3.4% with 91.48% accuracy

*Keywords: Optimization, Radioactivity, Isotopes of cesium, gamma spectrometry*

### **PENDAHULUAN**

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir adalah salah satu pusat di lingkungan BATAN yang bertugas antara lain meneliti dan mengembangkan teknologi bahan bakar nuklir. Dalam melaksanakan tugasnya, Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir menyelenggarakan fungsi antara lain melaksanakan pengembangan radiometalurgi, analisis fisika kimia dan teknik uji pasca iradiasi. <sup>[1]</sup>

Bidang Pengembangan Radiometalurgi yang ada di lingkungan Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir berfungsi sebagai mata rantai

dalam litbang bahan bakar dan elemen bakar dari keadaan pra sampai pasca iradiasi. Bidang ini memiliki fasilitas yang diperlukan untuk berbagai pemeriksaan laboratorium pasca iradiasi. Pemeriksaan laboratorium ini terdiri dari dua kelompok yaitu Uji Pasca Iradiasi dan uji pra iradiasi. <sup>[1]</sup> Salah satu alat analisis yang biasa digunakan dalam laboratorium Bidang Pengembangan Radiometalurgi untuk pengujian pra iradiasi dan pasca iradiasi adalah alat ukur energi gamma Spektrometer Gamma EG&G ORTEC.

Spektrometer Gamma merupakan alat analisis yang digunakan untuk identifikasi radionuklida pemancar sinar gamma. Analisis

dilakukan dengan cara mengamati spektrum karakteristik yang ditimbulkan oleh interaksi radiasi dengan materi detektor. Pada Spektrometer Gamma ini detektor yang digunakan adalah detektor HPGe. Detektor HPGe ini dapat berfungsi dengan baik dan dapat bekerja optimal sebagaimana yang diharapkan jika detektor senantiasa didinginkan sampai temperatur  $-196^{\circ}\text{C}$ , untuk mengatasi arus bocor balik. Arus bocor tersebut akan menghasilkan *noise* dan merusak daya pisah detektor.<sup>[2]</sup>

Sebelum dilakukan optimasi pengukuran keaktifan terlebih dahulu dilakukan pengamatan unjuk kerja alat. Pengamatan unjuk kerja alat dilakukan dengan mengamati hasil kalibrasi energi alat. Untuk melakukan kalibrasi energi alat digunakan sumber standar energi gamma Co-60, pada dua puncak energi yaitu energi 1173.24 keV dan energi 1332.50 keV.<sup>[1,2]</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>[1,2]</sup> Besarnya cacahan radiasi dan resolusi yang dihasilkan diamati dan diplotkan ke dalam tabel *QC Charts* yang telah dibuat sebelumnya. Jika hasil kalibrasi sesuai dengan yang diharapkan maka pengukuran sampel menggunakan spektrometer gamma dapat dilakukan.<sup>[3]</sup>

Selanjutnya dilakukan optimasi pengukuran keaktifan radioisotop pemancar gamma dengan cara mengatur jarak penempatan sampel dari dari detektor. Jarak sampel dari detektor merupakan salah satu faktor geometri yang perlu diketahui karena akan berpengaruh terhadap hasil pengukuran radioisotop pemancar gamma. Faktor geometri ini diduga akan mempengaruhi aktivitas sumber radiasi yang diukur dengan adanya perubahan waktu mati sistem detektor. Waktu mati sistem pencacah radiasi adalah selang waktu tertentu yang digunakan dalam proses pengubahan radiasi menjadi pulsa listrik sehingga menghasilkan informasi yang dapat dianalisis.

Penentuan optimasi posisi detektor terhadap suatu pengukuran keaktifan isotop pemancar gamma, dilakukan pada pencacahan isotop standar *point* Cs-137. Isotop standar *point* ini adalah isotop yang mempunyai aktivitas tinggi, dan akan digunakan sebagai bahan standar untuk pengukuran sampel isotop Cs-137 dari hasil fisi. Besar aktivitas hasil analisis dari isotop standar *point* cesium yang dicacah dihitung dengan menggunakan rumus<sup>[4]</sup>:

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

Dengan :

- Y(E) = Yield harganya dilihat dari tabel isotop  
Laju cacah = Diperoleh dari cacah/ detik  
 $\varepsilon(E)$  = Efisiensi diperoleh dari kurva kalibrasi efisiensi Eu-152

Dari besar aktivitas yang terukur, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai akurasi pengukuran dengan cara membandingkan aktivitas standar hasil pencacahan isotop standar *point* cesium terhadap aktivitas dari sertifikat yang dikeluarkan pabrikan. Nilai akurasi dari pengukuran isotop Cs-137 menggunakan alat Spektrometer Gamma dihitung menggunakan persamaan :

$$\text{Akurasi} = \frac{A \text{ Standar berukuran/cacah}}{A \text{ standar sertifikat}} \times 100\% \quad (2)$$

Dengan A = Aktivitas

## TATA KERJA

### Bahan:

Untuk kalibrasi energi digunakan sumber standar Co-60, bahan Standar Eu-152 digunakan sebagai bahan standar kalibrasi Efisiensi, sebagai sampel digunakan Standar *point* Cs-137.

### Peralatan:

Spektrometer Gamma *EG&G ORTEC* digunakan sebagai alat ukur energi gamma.

## Prosedur Percobaan

### Penyiapan kondisi operasi

Sebelum melakukan pengoperasian peralatan dilakukan pengkondisian ruangan dan peralatan sebagai berikut<sup>[2]</sup>:

1. Kondisi ruangan : Suhu 21 °C. Humiditas maks. 63 %
2. Dewar detektor telah terisi nitrogen cair paling lambat 7 jam sebelum operasi<sup>[2]</sup>

### Pengoperasian

Pengoperasian alat Spektrometer Gamma dilakukan dengan tahapan kerja sebagai berikut<sup>[2]</sup>:

1. Dinaikkan tegangan secara perlahan hingga mencapai 2,8 kV dengan cara memutar tombol *HV* yang terletak pada panel *MCA* (*Multi Chanel Analyse*) secara perlahan.
2. Dilakukan kalibrasi energi alat menggunakan sumber standar Co-60, dengan lama pencacahan 1000 detik
3. Dimasukkan nilai energi dari Co-60 yaitu energi 1173,24 keV dan energi 1332,50 keV.
4. Diamati besarnya intensitas cacahan, *FWTM* dan *FWHM* yang dihasilkan pada *channel* energi 1173,24 keV dan *channel* energi 1332,50 keV.
5. Dimasukkan besar intensitas cacahan yang diperoleh ke dalam Tabel *QC Chart* sesuai dengan energinya.
6. Dimasukkan juga besar nilai *FWTM* dan *FWHM* yang diperoleh ke dalam Tabel *Gaus Ratio* pengukuran Co-60

### Pengukuran Cesium dengan variasi jarak pengukuran

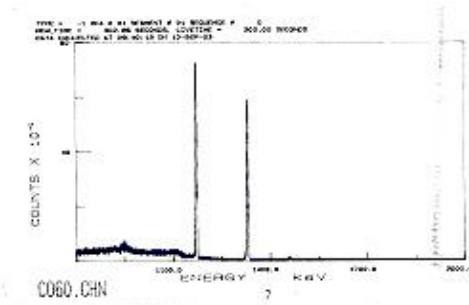
Pengukuran Cesium dilakukan dengan tahapan kerja sebagai berikut<sup>[2]</sup>

1. Pengukuran standar *point* Cs-137 dilakukan dengan waktu cacah 1000 detik setelah energi alat terkalibrasi.
2. Pencacahan dilakukan pada jarak yang bervariasi dari 2.5 cm hingga 10 cm dengan interval jarak 2.5 cm.
3. Amati waktu mati yang diberikan selama pencacahan

4. Setelah dilakukan pencacahan, kemudian dilakukan analisis dari spektrum hasil pengukuran pada energi 661,66 KeV.

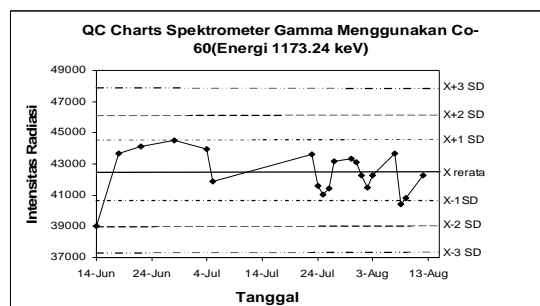
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengamatan kalibrasi energi gamma menggunakan sumber standar Co-60, yang dilakukan pada dua puncak energi yaitu pada energi 1173,24 keV dan 1332,50 keV, diperoleh besarnya intensitas cacahan



Gambar-1. Spektrum Kalibrasi Energi dengan Standar Co-60

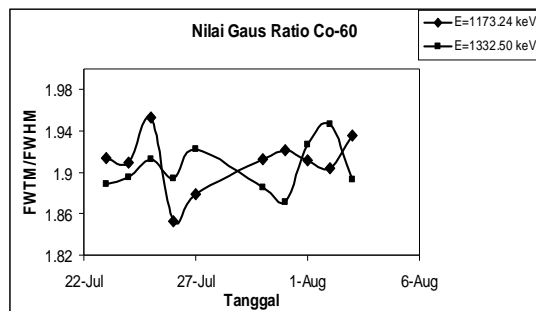
energi pengukuran sebesar 41329 untuk energi 1173,24 keV dan 38573 untuk energi 1332,50 keV seperti ditunjukkan pada gambar-1 Spektrum Kalibrasi Energi dengan Standar Co-60 menunjukkan bahwa detektor berfungsi baik sehingga pengukuran sampel dapat dilakukan. Selanjutnya nilai cacahan yang diperoleh dimasukkan ke dalam nilai *QC charts* (Gambar-2) Spektrometer Gamma yang telah dibuat sebelumnya.



Gambar-2 *QC Charts* Spektrometer Gamma Energi 1173,24 keV Co-60<sup>[3]</sup>

Dari nilai cacahan tersebut terlihat bahwa Nilai cacahan intensitas energi Co-60 berada di daerah batas yang dibolehkan, hal ini kemudian dilakukan pengamatan resolusi dari alat

spektrometer gamma, karena nilai resolusi akan berpengaruh kepada hasil pengukuran 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>[1,2]</sup>



Gambar-3 Nilai *Gauss Ratio* pada pengukuran

Pada pengamatan resolusi alat spektrometer gamma yang dinyatakan dalam *gauss ratio* diperoleh nilai *gauss ratio* sebesar 1.912. Nilai *gauss ratio* yang diberikan masih berada dalam batas yang dibolehkan yaitu pada nilai 1.83 sampai dengan 2.00, seperti ditunjukkan pada Gambar-3.

Pada pengukuran standar isotop *point* Cs-137 yang dilakukan dengan variasi jarak sampel 2.5; 5.0; 7.5 dan 10 cm dari detektor, diperoleh waktu mati pengukuran yang semakin besar jika jarak yang digunakan semakin dekat ke detektor. Pada jarak 2,5 cm dari detektor waktu mati yang ditunjukkan sekitar 1.8 hingga 5.2% dengan standar deviasi cukup besar yaitu 610.4501. Pada jarak 5.0 cm waktu mati yang

ditunjukkan adalah 1.8 -3.4 % dengan standar 143.8471, sedangkan pada jarak 7.5 cm maka waktu mati yang diberikan sekitar 0.0 hingga 1.7 % dan standar deviasi yang diberikan adalah 69.90708 dan pada jarak terjauh 10 cm maka waktu mati yang diberikan sama dengan pada jarak 7.5 cm yaitu 0.0 hingga 1.7 % dan standar deviasinya adalah 116.6033. Seperti ditunjukkan dalam Tabel-1.

Pada perhitungan akurasi terlihat bahwa nilai akurasi hasil pengukuran terbaik diperoleh pada jarak pengukuran 5.0 cm dengan nilai akurasi sebesar 91.48%. Nilai akurasi yang diberikan cukup baik dibandingkan dengan nilai akurasi yang diperoleh pada pengukuran jarak 2,5 cm; 7,5 cm; dan 10 cm karena nilai akurasi yang baik adalah nilai akurasi yang mendekati angka 100%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk pengukuran isotop secara optimal dilakukan pada jarak yang memberikan waktu mati 1.8 – 3.4 dalam hal ini pada jarak 5 cm dari detektor.

Sedangkan pada jarak 2.5 cm menyebabkan pancaran sinar gamma yang tertangkap detektor HPGe banyak yang lolos karena waktu mati yang diberikan cukup besar yaitu diatas 1.8 - 5.2% hal ini terlihat dari akurasi yang diperoleh hanya 85.31%, begitu juga dengan pemakaian jarak 10 cm dari detektor akan menyebabkan pancaran sinar gamma yang tertangkap detektor HPGe juga tidak sempurna hal ini terlihat dari besar akurasi hanya sekitar 70.42 %, seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel-1 Data Hasil Cacahan Standar *Point* Isotop Cs-137 Dengan Variasi Jarak

Jarak (cm)	Cacah				Standar Deviasi	Waktu Mati(%)
	1	2	3	rerata		
2.5	182721	183879	182965	183188	610.4501	1.8 - 5.2
5.0	85396	85280	85566	85414	143.8471	1.8 - 3.4
7.5	42854	42719	42818	42797	69.90708	0.0 - 1.9
10.0	27630	27397	27505	27510	116.6033	0.0 -1.7



Tabel-2 Data Hasil Analisis Standar *Point* Isotop  
Cs-137

Jarak (cm)	Aktivitas (Bq) terukur	Aktivitas (Bq) sertifikat	% Akurasi
2.5	97.4523 ± 0.0236		85.31
5.0	90.8780 ± 0.1591	83.1315	91.48
7.5	68.3010 ± 0.1122		82.16
10.0	58.5404 ± 0.0899		70.42

## KESIMPULAN

Dari penentuan optimasi pengukuran keaktifan radioisotop Cs-137 menggunakan spektrometer gamma, yang dilakukan dengan bervariasi jarak pengukuran sampel (Standar isotop Cs-137) dari detektor, dapat disimpulkan bahwa posisi optimal untuk pengukuran isotop dengan aktivitas tinggi adalah pada jarak yang memberikan waktu mati 1.8 – 3.4 dalam hal ini pada jarak 5 cm dari detektor, dengan nilai akurasi sebesar 91.48%

## DAFTAR PUSTAKA

1. SITI AMINI, "Penentuan Burn up Bahan Bakar Dispersi U3O8-Al ", Laporan Teknis, PTBN- BATAN, 2007.
2. EG & GORTEC, "Operator's Manual Spectrometer Gamma EG & G ORTEC", USA.
3. NOVIARTY dkk, " Kontrol Kinerja Spektrometer Gamma Menggunakan Metode "Quality control chart" Prosiding Seminar Fungsional Non Peneliti PTKMR Desember 2007 ISSN:1978=9971
4. WISNU SUSETYO "Spektrometri Gamma" Gajah Mada University Press Yogyakarta, 1988
5. YUKIO MURAKASHI dkk" Buku Data Radiasi"Chizing Pustaka Japan.,1982.