



## UJI FUNGSI DETEKTOR HPGE GEM-35-P4 ORTEC SPEKTROMETER GAMMA LAB. AAN TANK-BKTPB

Rosidi, Muljono, Sihono, Suhardi

Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan-BATAN-Yogyakarta

Jl Babarsari Nomor 21, Kotak pos 6101 Ykbb 55281

e-mail : ptapb@batan.go.id

### ABSTRAK

**UJI FUNGSI DETEKTOR HPGe GEM-35-P4 ORTEC SPEKTROMETER GAMMA LAB. AAN TANK-BKTPB.** Spektrometer gamma merupakan instrumen yang digunakan untuk analisis aktivasi neutron (AAN). Teknik AAN memiliki selektivitas, sensitivitas dan keakuratan yang tinggi sampai skala  $\mu\text{g/g}$ . Keunggulan metode tersebut harus didukung oleh kinerja spektrometer gamma. Oleh karena itu perlu dilakukan evaluasi kinerja spektrometer gamma untuk menjaga unjuk kerja pada AAN. Parameter yang diukur untuk evaluasi kinerja spektrometer gamma yaitu efisiensi relatif detektor, resolusi energi, Peak to Compton ratio, Gaussian ratio. Hasil pengukuran uji fungsi alat ditampilkan dalam diagram kendali. Dengan melihat diagram kendali maka uji fungsi detektor spektrometer gamma dapat dipantau. Dari hasil pengukuran tersebut diperoleh nilai efisiensi relatif detektor  $34 \pm 0.59\%$  (nilai acuan 35 %), resolusi energi  $1,98 \pm 0,05$  keV (nilai acuan 1,85), P/C ratio  $54,10 \pm 0,29$  (nilai acuan 62) dan Gaussian ratio  $1,09 \pm 0,02$ . Hasil evaluasi uji fungsi detektor spektrometer gamma tersebut dapat dinyatakan bahwa spesifikasi detektor HPGe GEM35P4 Ortec sesuai dengan data sertifikat barang. Uji fungsi ini dilakukan pada bulan Januari 2011

**Kata Kunci:** evaluasi, unjuk kerja, spektrometer gamma, detektor, AAN

### ABSTRACT

**HPGe GEM -35-P4 ORTEC DETECTOR GAMMA SPECTROMETER TEST FUNCTION LAB. AAN – TANK - BKTPB.** Gamma Spectrometer is an instrument that used in neutron activation analysis (NAA). NAA technique has high selectivity, sensitivity and accuracy up to nanogram scale. The excellence of this method must be supported by the performance of gamma spectrometer. Consequently, there must be an evaluation conducted for gamma spectrometer performance in ensuring NAA result quality. To evaluate performance of gamma spectrometer, several parameters are measured, they are relative detector efficiency, energy resolution, Peak to Compton ratio, Gaussian ratio. Measurement is conducted periodically and the results are presented in control chart. Through this control chart, the fluctuation of gamma spectrometer performance can be monitored. The results showed relative efficiency detector  $34 \pm 0.59\%$  (certificate value 35 %), resolution  $1.98 \pm 0.05$  keV (certificate value 1.85), P/C ratio  $54.10 \pm 0.29$  (certificate value 62) and Gaussian ratio  $1.09 \pm 0.02$ . From these results, it can be stated that spect of HPGeGEM35P4 detector is qualified and suitable with data sheet material. The Function test was conducted in January 2011

**Keyword :** evaluation, performance, gamma spectrometer, Detector, NAA

### PENDAHULUAN

Perangkat spektrometer gamma dengan Detektor Ge(Li) yang dimiliki Lab AAN TANK sudah

cukup lama dan resolusi di atas 4 sehingga sulit untuk analisis unsur yang berimpitan. Apalagi untuk pengembangan metode AAN dengan KayZero



**PROSIDING SEMINAR  
PENELITIAN DAN PENGELOLAAN PERANGKAT NUKLIR  
Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan  
Yogyakarta, 26 September 2012**

yang telah dirintis beberapa tahun yang lalu. Untuk itu telah dilakukan pengadaan detektor baru model GEM35P4-83 tahun anggaran 2011 dan direalisasikan bulan Desember 2011 dengan spesifikasi Resolusi (FWHM 1.85 keV). Penggunaan spektrometer gamma telah meluas ke berbagai disiplin ilmu seperti fisika, kimia, biologi, pertanian, kedokteran dan lain-lain. Hal ini erat kaitannya dengan semakin berkembangnya teknik analisis aktivasi neutron (AAN)<sup>[1]</sup>. AAN adalah termasuk metode analisis yang memiliki selektivitas, sensitivitas dan keakuratan tinggi sampai skala nanogram. AAN dapat dilakukan pada cuplikan padat, cair, suspensi, slurries dan gas dengan preparasi minimal bahkan tanpa preparasi.<sup>[2]</sup>

Mutu hasil AAN tidak terlepas dari kualitas spektrometer gamma yaitu instrumen yang digunakan untuk AAN. Untuk menjaga kualitas instrumen tersebut, pemantauan dan evaluasi kinerja spektrometer gamma harus dilakukan secara berkala. Pemantauan kualitas dilakukan dengan mengukur parameter yang menjadi ukuran keandalan suatu spektrometer gamma<sup>[3]</sup>.

Parameter yang dimaksud meliputi *resolusi* dan efisiensi detektor sebagai parameter utama serta *P/C ratio* dan *Gaussian ratio*. Hasil pengukuran keempat parameter utama yang digunakan sebagai acuan evaluasi kinerja spektrometer gamma dicatat dan ditampilkan sebagai diagram kendali. Di dalam suatu diagram kendali dapat digunakan batas statistik atau batas spesifikasi. Batas peringatan dan batas tindakan digunakan untuk menentukan jika proses berada dalam keadaan terkendali, yaitu menghasilkan keluaran yang stabil dan konsisten. Batas statistik didasarkan pada distribusi kemungkinan dari nilai yang diperoleh melalui data pengukuran<sup>[4]</sup>.

- Batas statistik tersebut meliputi :
- Batas peringatan atas = rata-rata + 2 SD
- Batas peringatan bawah = rata-rata - 2 SD
- Batas tindakan atas = rata-rata + 3 SD
- Batas tindakan bawah = rata-rata - 3 SD

Diagram kendali memuat nilai yang kita ukur, dalam hal ini resolusi, efisiensi relatif detektor, *P/C ratio* dan *Gaussian ratio* vs waktu pengukuran yang dilakukan secara berulang. Dengan melihat diagram kendali, dapat diketahui kondisi spektrometer gamma selama rentang waktu pengukuran. Kondisi spektrometer gamma dikatakan baik dilihat dari diagram kendalinya apabila nilai yang diukur berfluktuasi di sekitar reratanya. Artinya grafik unjuk kerja alat tidak menunjukkan kecenderungan naik atau turun. Selain keempat parameter tersebut, karakteristik lain yang mendukung keandalan spektrometer gamma adalah kestabilan pencacahan. Pada kegiatan ini dilakukan uji fungsi spektrometer

gamma untuk mengetahui unjuk kerjanya pada AAN. Evaluasi yang dilakukan secara berulang meliputi pengukuran efisiensi relatif detektor, resolusi, *P/C ratio*, *Gaussian ratio*.

Spektrometer gamma secara umum terdiri dari detektor semikonduktor, peralatan elektronik terkait, dan penganalisa multi saluran (*Multi Channel Analyzer/MCA*) berbasis komputer. Kebanyakan laboratorium AAN menggunakan satu atau lebih detektor Germanium dengan kemurnian tinggi (*High Purity Germanium/HPGe*). Detektor HPGe dioperasikan pada temperatur nitrogen cair (77 K) dengan cara menempatkan kristal Germanium dalam suatu wadah hampa yang dimasukkan dalam dewar nitrogen cair (sistem *cryostat*).<sup>[5]</sup> Bentuk detektor yang sering digunakan dalam teknik AAN yaitu koaksial dengan kisaran energi 60 keV hingga 3.0 MeV. Dua karakteristik utama yang harus diperhatikan terkait dengan kualitas kinerja detektor HPGe yaitu *efisiensi* dan *resolusi*. Sedangkan karakteristik lain yang terkait yaitu *P/C ratio* dan *Gaussian ratio*. Efisiensi detektor bergantung pada energi radiasi, jarak antara cuplikan dan detektor, serta volume aktif kristal detektor.

Semakin besar volume detektor semakin besar efisiensinya. Secara umum, penentuan efisiensi detektor diukur relatif terhadap 3x3 inci detektor NaI menggunakan sumber standar Co-60 (energi sinar gamma 1332 keV) yang diletakkan 25 cm dari permukaan detektor. Efisiensi relatif detektor dihitung dengan rumus:

$$E = \frac{\text{cps}}{\text{dps} \cdot Y \cdot f} \quad (1)$$

*cps* = cacah per detik

*dps* = disintegrasi per detik

*Y* = yield

*F* = faktor perbandingan NaI = 1,2 X 10<sup>-3</sup>

Aturan umum untuk detektor Germanium adalah 1% efisiensi pada tiap 5 cc volume aktif detektor. Seiring dengan kenaikan volume, maka resolusi detektor akan menurun. Pada aplikasi AAN, efisiensi relatif detektor yang memenuhi syarat berkisar antara 15-30 persen<sup>[2]</sup>.

Resolusi adalah kemampuan detektor untuk memisahkan dua puncak yang saling berdekatan pada spektrum. Resolusi detektor dinyatakan dalam *full width at half maximum* (FWHM). Untuk detektor semikonduktor, FWHM dinyatakan dalam besaran keV<sup>[1]</sup>. Nilai FWHM yang diacu biasanya dari puncak 122-keV Co-57 dan 1332-keV Co-60. Pada kebanyakan aplikasi AAN, resolusi detektor yang baik berkisar pada nilai 1,0 keV pada 122 keV dan 1,8 - 2 keV pada 1332 keV.

*Peak/Compton ratio* merupakan parameter yang menunjukkan perbandingan antara tinggi



puncak photopeak terhadap tinggi rata-rata daerah Compton. Daerah Compton yang digunakan untuk perhitungan  $P/C$  telah ditetapkan dalam IEEE Standard 325 untuk sumber standar Co-60 pada 1040 keV – 1096 keV [5].  $P/C$  ratio dihitung dengan persamaan:

$$PC = \frac{I^{1332}}{I_{\text{Compton}}} \quad (2)$$

$I^{1332}$  = intensitas pada energi 1332 keV  
 $I_{\text{Compton}}$  = nilai rata-rata intensitas energi 1040 keV – 1096 keV

*Gaussian ratio* menunjukkan bentuk puncak energi spektrum yang dihitung dengan rumus:

$$\text{Gaussian ratio} = \frac{\text{FWHM}}{\text{FWTM}} \quad (3)$$

FWHM = *full width at half maximum*

FWTM = *full width at tenth maximum*

Sekumpulan data hasil pengukuran intensitas radiasi secara berulang harus mengikuti distribusi Gauss karena intensitas radiasi yang dipancarkan zat radioaktif bersifat random mengikuti distribusi Gauss. Dalam hal ini MCA yang digunakan adalah Genie 2000 untuk mengetahui parameter detektor tersebut dapat langsung dilihat pada tampilan layar spektrum

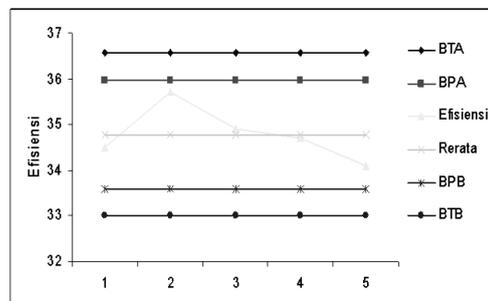
### TATA KERJA

Spesifikasi spektrometer gamma yang dievaluasi adalah detektor HPGe model GEM-35-P4 buatan ORTEC. Uji fungsi spektrometer gamma dilakukan bulan Januari 2011 Pengamatan efisiensi detektor dilakukan 5 kali dan untuk resolusi detektor juga lima kali [6]. Penentuan efisiensi dan *Peak to Compton ratio* dilakukan dengan meletakkan sumber standar Co-60 (*Standard Isotope Laboratories*) pada jarak 25 cm dari permukaan detektor dan dicacah selama 1000 detik. Demikian juga penentuan resolusi menggunakan dan *Gaussian ratio* detektor dilakukan dengan melihat dari tampilan layar spektrum. Hasil pengukuran keempat parameter tersebut ditampilkan dalam bentuk diagram kendali.

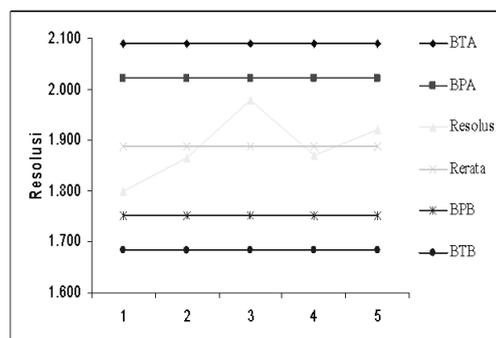
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Rerata efisiensi relatif hasil pengukuran dan perhitungan sebanyak 5 ulangan Januari 2011 ( $34, \pm 0, 59 \%$ ) tidak ada beda jauh dengan nilai yang terdapat pada sertifikat (35 %). Maka nilai ini masih mendekati nilai yang dipersyaratkan, dari diagram kendali pada Gambar 1 dapat dilihat nilai efisiensi berfluktuasi di sekitar reratanya. Hal itu menandakan efisiensi relatif stabil, tidak mengalami kecenderungan naik atau turun. Diagram kendali resolusi detektor pada Gambar 2 memperlihatkan

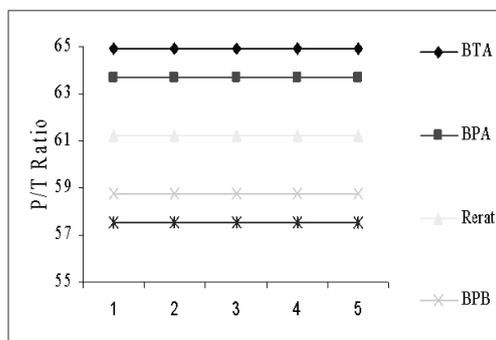
nilai resolusi pengukuran 5 kali bulan Januari tahun 2011 berfluktuasi di sekitar reratanya dan tidak mengalami kecenderungan naik atau turun sehingga dapat dikatakan resolusi detektor baik.



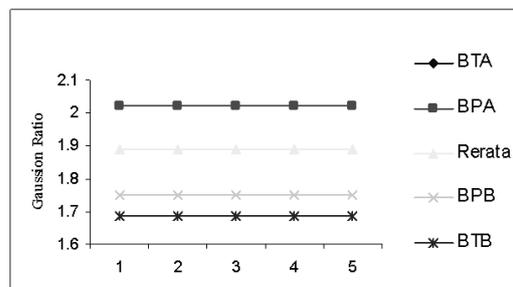
Gambar 1. Diagram Kendali efisiensi relative detektor



Gambar 2. Diagram kendali resolusi detector



Gambar 3. Diagram kendali  $P/C$  ratio detektor



Gambar 4. Diagram kendali *Gaussian ratio* detektor  
 Diagram kendali pada Gambar 3 menampilkan hasil pengukuran  $P/C$  ratio. Dari



**PROSIDING SEMINAR  
PENELITIAN DAN PENGELOLAAN PERANGKAT NUKLIR  
Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan  
Yogyakarta, 26 September 2012**

sebaran nilainya dapat diketahui bahwa *P/C ratio* lima kali pengukuran Januari 2011 cukup stabil. Gambar 4 memperlihatkan diagram kendali *Gaussian ratio* uji fungsi saat detektor datang Januari 2011. Hasil pengukuran sebanyak lima kali uji tersebut terlihat pada grafik berfluktuasi di sekitar reratanya, yang berarti nilai *Gaussian ratio* selama rentang waktu tersebut cukup stabil. Penentuan nilai efisiensi detektor, resolusi, *Peak to Compton ratio* dan *Gaussian ratio* waktu detektor datang tahun 2011 dirangkum dalam Tabel

Tabel 1. Hasil uji fungsi detektor GEM35P4-83 Januari 2011

Parameter	Rata-rata	Nilai sertifikat
Efisiensi relatif	$34.78 \pm 0.11$	35 %
Resolusi (FWHM)	$1,98 \pm 0.05$	1,85
P/C Rasio	$61.22 \pm 0.29$	62
Gaussian rasio	$1.09 \pm 0,02$	1.90

Puncak distribusi Gauss yang ideal bernilai 1,823 sedangkan untuk sistem spektrometri gamma nilai yang masih dapat diterima sampai 2<sup>[3]</sup>. Dari hasil pemantauan Gaussian ratio pada Tabel 1 diperoleh nilai rata-rata  $1,09 \pm 0,02$  yang artinya masih memenuhi persyaratan.

#### KESIMPULAN

1. Nilai efisiensi relatif detektor rata-rata  $34,78\% \pm 0,11$ . Walaupun nilai ini di bawah nilai yang dipersyaratkan, namun dari diagram kendali efisiensi relatif detektor dapat dilihat berfluktuasi di sekitar reratanya
2. Dari hasil pemantauan resolusi detektor, diperoleh rata-rata FWHM  $1,98 \pm 0,05$  keV. Nilai ini masih masuk dalam persyaratan resolusi detektor yang baik.
3. Nilai rata-rata *P/C ratio* hasil pemantauan  $61,22 \pm 0,29$  mempunyai nilai rata-rata mendekati sertifikat (62)
4. Nilai rata-rata *Gaussian ratio* hasil pemantauan  $1,88 \pm 0,03$

#### DAFTAR PUSTAKA

1. WISNU SUSETYO. Instrumentasi kimia II : spektrometri gamma. Pusat pendidikan dan latihan Badan Tenaga Atom Nasional, 1984.
2. GLASCOCK MD. Overview of Neutron Activation Analysis [serial online] 1996-2007 [cited 2008 Oct 8];1(1);Available from: URL :[http://archaeometry.missouri.edu/naa\\_overview.html](http://archaeometry.missouri.edu/naa_overview.html).

3. HENDRIYANTO HT. Validasi spektrometer gamma : Diktat pelatihan validasi metode analisis aktivasi neutron K0. Pusat pendidikan dan latihan Badan Tenaga Nuklir Nasional, 2007.
4. MUHAYATUN. Riptabilitas & reproduibilitas. Diktat pelatihan validasi metode analisis aktivasi neutron K0. Pusat pendidikan dan latihan Badan Tenaga Nuklir Nasional, 2007.
5. CANBERRA. Germanium detector user's manual. Canberra Industries Inc., 2001.
6. ASTM INTERNATIONAL. Standard test method for detector calibration and analysis of radionuclides, 2003.
7. GENIE 2000. Customization tools manual. Canberra Industries Inc, 2006.

#### TANYA JAWAB

##### Dwi Purnomo (PTAPAB)

- Hasil uji fungsi alat dibandingkan dengan sertifikat sudah sesuai, bagaimana dengan uji akurasi dan presisi, apa juga sudah dilakukan?

##### Rosidi

- ✧ Untuk uji akurasi dan presisi, kita sebaiknya menganalisis sampel, dimana untuk metode AAN, tiap unsur mempunyai akurasi dan presisi yang berbeda.

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Hasil Analisis Sertifikasi}}{\text{Sertifikat}} \times 100 \%$$

Akurasi dan presisi belum dilakukan karena ini masih komisioning alat baru.

##### Sunardi (PTAPB)

Nilai efisiensi  $34,78\% \pm 11$  di bawah yang dipersyaratkan. Berarti tidak bisa digunakan karena tidak memenuhi persyaratan? Yang dipersyaratkan berapa?

##### Rosidi

- ✧ Efisiensi sertifikat 35 %, nilai  $34,78\% \pm 11$  adalah rerata 5 kali pengukuran.

Dari diagram kendali terlihat grafik belum melewati BPA (batas peringatan atas)  $\pm 20$  dan BTA (batas tindakan atas)  $\pm 30$ .

Kalau grafik masih belum melewati BPA maka efisiensi masih memenuhi syarat (bisa digunakan).