

## **IDENTIFIKASI KETIDAKSTABILAN SPEKTROMETER GAMMA RSG-GAS DAN CARA MENANGGULANGINYA**

**Subiharto, Anto Setiawanto, Nugraha Luhur, Nazly Kurniawan**

Pusat Reaktor Serba Guna-BATAN  
Kawasan Puspipstek, Gd 31, Serpong, Tangerang-Selatan  
subiharto@ batan.go.id

### **ABSTRAK**

**IDENTIFIKASI KETIDAKSTABILAN SPEKTROMETER GAMMA RSG-GAS DAN CARA MENANGGULANGINYA.** Telah dilakukan identifikasi ketidakstabilan spektrometer gamma RSG-GAS dan cara menanggulangnya. Spektrometer gamma adalah salah satu peralatan proteksi radiasi yang dimiliki oleh RSG-GAS, yang digunakan untuk menganalisis kandungan nuklida yang terdapat dalam air primer, limbah cair dan udara. Keberadaan alat ini merupakan tanggung jawab Sub Bidang Pengendalian Daerah Kerja (PDK), karena sesuai dengan salah satu tuisi PDK yaitu melakukan pengelolaan laboratorium proteksi radiasi. Setelah dioperasikan selama 26 tahun alat ini terkadang penunjukkannya tidak stabil, dan tidak representatif. Oleh karena itu perlu dilakukan identifikasi permasalahan spektrometer gamma RSG-GAS dan dicari cara penanggulangnya agar diketahui secara pasti kemampuan kinerjanya. Identifikasi dilakukan dengan cara melakukan pemeriksaan Hardware, Software dan diikuti dengan pengukuran sampel dan sumber standar. Berdasarkan hasil Identifikasi yang dilakukan dapat diketahui bahwa penyebab ketidakstabilan spektrometer gamma RSG-GAS adalah karena sering terlambat dalam melakukan pendinginan dan melemahnya unjuk kerja Amplifier. Setelah pendinginan selalu dikondisikan dengan baik dan dilakukan penggantian terhadap Amplifier maka spektrometer gamma RSG-GAS berada dalam kondisi normal kembali.

Ilmu dan Kata kunci : Identifikasi dan ketidakstabilan, spektrometer gamma, RSG-GAS

### **ABSTRACT**

**IDENTIFICATION OF GAMMA SPECTROMETER INSTABILITY AND ITS COUNTERMEASURES.** It has been carried out the identification of gamma spectrometer instability and its countermeasures. Gamma spectrometer is one of the radiation protection supporting equipments which belongs to G. A. Siwahessy – Multipurpose Reactor. Gamma spectrometer is operated to perform the radionuclides analysis in the reactor primary cooling water, liquid waste, and in the air. This equipment is under the responsibility of the working area controlling subdivision, because it is in accordance with the one of the working area controlling subdivision, which to manage the radiation protection laboratory. Until this time, this gamma spectrometer has been operated for 26 years, and it shows several problems such as; counting instability and the counting result has become not representative. Therefore, identification toward this GAS – MPR gamma spectrometer is really required, and it also has to look for the best countermeasures, in order to identify its performance exactly. The identification was carried out by checking the hardware and software parts of this equipment, also by counting several samples and the standard sources. Based on the identification results, it could be known that the GAS – MPR gamma spectrometer counting instability problem occurred because the cooling on its detector system is often late and because the performance of its amplifier becomes worse or decrease. After its detector to be cooled routinely and with well, also after the replacement of its amplifier, then the performance of MPR – GAS spectrometer becomes normal again.

Science and Keyword : Problems Identification, Gamma Spectrometer, RSG-GAS

## PENDAHULUAN

Sesuai dengan Perka BAPETEN No.4 tahun 2013, tentang "Proteksi dan Keselamatan Radiasi dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir" bahwa Pemanfaatan radiasi pengion harus memperhatikan keselamatan bagi peralatan, pekerja masyarakat dan lingkungan. Untuk menjamin keselamatan bagi personil dan sistem RSG-GAS dilengkapi dengan spektrometer gamma dengan spesifikasi sebagai berikut: Merk Canberra, model GC0918, Cryostat 7500 SL, No. Seri 05057508, Pre Amplifier 2002 CSL, Jenis HP Ge, Type Coaxial, Diameter 76mm, Efficiency 9 %, Resolusi 1.8 Kev, jarak detektor dengan sumber 20 mm<sup>[1]</sup>.

Secara sederhana spektrometer dapat digambarkan terdiri dari detektor radiasi gamma, rangkaian elektronik penunjang, dan sebuah interface yang disebut Multi Channel Analyzer (MCA). Seiring dengan perkembangan teknologi rangkaian elektronika, catu daya tegangan tinggi dan rangkaian MCA kini telah dibuat secara terintegrasi pada onboard slot komputer. Alat ini dilengkapi dengan perangkat lunak khusus (software Maestro 32), pada perangkat komputer dapat berfungsi sebagai MCA (Multi Channel Analyzer).

Spektrometer gamma digunakan untuk melakukan analisis zat radioaktif yang memancarkan radiasi gamma. Setiap radionuklida mempunyai tenaga yang tertentu dan bersifat spesifik (Gambar 1). Hal ini digunakan sebagai dasar dalam analisis secara kualitatif dan kuantitatif. Sesuai dengan salah satu tugas dan fungsi (TUSI) Subbidang Pengendalian Daerah Kerja (PDK) yaitu melakukan pengelolaan laboratorium proteksi radiasi<sup>[4]</sup>, maka pengoperasian spektrometer gamma di RSG-GAS menjadi tanggung jawab PDK. Alat tersebut terletak di laboratorium spektrometri gamma Bidang Keselamatan dan dipergunakan untuk menunjang analisis data-data keselamatan radiasi PRSG.

Analisis unsur radioaktif yang secara rutin yang dilakukan oleh subbidang PDK adalah analisis kandungan zat radioaktif pada air pendingin primer, analisis limbah cair, analisis limbah semi cair (resin), analisis sampling udara dan analisis cuplikan-cuplikan lain yang dilakukan secara periodik.

Alat ini telah beroperasi selama 26 tahun sejak 20 Agustus 1997, sehingga secara umum komponen-komponennya akan mengalami penurunan kemampuannya. Beberapa bulan terakhir alat ini sering tidak stabil, saat sedang melakukan pencacahan tiba-tiba spektrum bergeser bahkan terkadang spektrumnya rusak. Karena kejadian ini sering berulang jika dibiarkan akan mengganggu sistem pelayanan keselamatan dari subbidang PDK. Oleh karena itu perlu dilakukan identifikasi penyebab ketidak stabilan dan dilakukan penanggulangannya.

Identifikasi penyebab ketidak stabilan yang dilakukan pada Spektrometer gamma tersebut meliputi : pemeriksaan hardware, software dan pelaksanaan uji fungsi melalui pencacahan sampel limbah cair dan sumber standar Cs-137 dan Co-60.

Dari hasil identifikasi yang dilakukan dapat diyakinkan bahwa kinerja pencacah MCA tersebut masih berfungsi dengan baik dan memenuhi ketentuan keselamatan kerja.



Gambar 1. Sistem spektrometer gamma prsg

Interaksi sinar gamma ( $\gamma$ ) dengan detektor akan menghasilkan signal pulsa. Tinggi pulsa yang dihasilkan detektor bersesuaian dengan tenaga foton- $\gamma$  yang mengenai detektor. Mekanismenya sebagai berikut, mula-mula pulsa yang dihasilkan detektor akan diperkuat (amplified) dan dibentuk dalam penguat awal dan kemudian penguat (Amplifier)

### Penguat Awal

Alat ini terletak diantara detektor dan penguat yang mempunyai fungsi sebagai berikut:

- Untuk melakukan amplifikasi awal terhadap pulsa keluaran detektor

- Untuk melakukan pembentukan pulsa pendahuluan
- Untuk mencocokkan impedansi keluaran detektor dengan kabel signal masuk ke penguat
- Untuk mengadakan perubahan muatan menjadi tegangan pada pulsa keluaran detektor
- Untuk menurunkan derau

Penguat awal akan lebih baik jika dipasang sedekat mungkin dengan detektor. Pada detektor semi-konduktor biasanya penguat awal sudah merupakan satu kesatuan dengan cryostat detektor. Ada dua jenis jenis penguat awal yaitu:

- Yang pertama yang peka terhadap tegangan, penguat jenis ini mempunyai kelebihan dalam hal memiliki nisbah signal/derau yang tinggi, akan tetapi mempunyai kelemahan dalam hal stabilitas.
- Yang kedua yang peka terhadap muatan

#### Penguat

Pulsa keluaran detektor telah diubah dari pulsa muatan ke pulsa tegangan oleh penguat awal. Selanjutnya pulsa tersebut dikirim sebagai masukan dari penguat. Penguat yang dipakai tentu saja penguat yang peka terhadap tegangan yang bisa disebut juga penguat linier. Disini pulsa dipertinggi sampai mencapai amplitudo yang dapat dianalisis dengan alat penganalisis tinggi pulsa. Kemampuan suatu penguat untuk memperkuat pulsa disebut dengan gain. Penguat dirancang agar dapat memberikan gain yang linier dan dapat diatur secara sinambung dalam suatu jangkauan (range) yang cukup luas. Biasanya disediakan dua tombol pengatur gain penguat, yaitu; Coarse gain untuk mengatur perubahan gain yang besar dan Fine gain untuk mengatur perubahan gain yang kecil dan sinambung. Kebanyakan penguat yang dipakai dalam spektrometri- $\gamma$  mempunyai gain yang jangkauannya mulai dari lima sampai dua ribu (5 – 2000)

Selain untuk mempertinggi pulsa, penguat juga mempunyai fungsi lain yang sangat penting, yaitu memberi bentuk pulsa. Pulsa ekor yang keluar dari penguat awal dibentuk sekali lagi untuk mendapatkan pulsa yang jauh lebih sempit

engan waktu timbul lebih lambat dan waktu jatuh yang lebih cepat. Bentuk pulsa keluaran penguat ditentukan antara lain oleh pertimbangan nisbah/signal derau dan kecocokan dengan kemampuan kerja peralatan elektronik berikutnya (penganalisis tinggi pulsa). Kedua kriteria tersebut biasanya bertentangan satu dengan yang lain sehingga bentuk pulsa yang dihasilkan penguat biasanya merupakan kompromi antara bentuk untuk nisbah signal/derau optimum dan bentuk pulsa yang paling bisa diterima oleh alat penganalisis tinggi puncak.

Biasanya sebuah penguat mempunyai dua macam keluaran yaitu: Unipolar jika menggunakan detektor NaI (TI) dan Bipolar jika menggunakan detektor semi konduktor atau laju cacah cuplikan tinggi.

Selain itu dalam penguat spektroskopi biasanya juga terdapat tombol shaping time yang mengatur waktu pembentukan pulsa. Shaping time berhubungan dengan daya pisah sistem. Makin tinggi shaping time makin tinggi pula daya pisah sistem. Untuk pengukuran spektrometri- $\gamma$  biasanya dipilih shaping time disekitar 1  $\mu$ s.

Pembentukan pulsa dilakukan dengan jalan mendiferensialkan pulsa tersebut. Pendiferensialan pulsa keluaran penguat awal yang berupa pulsa ekor akan menghasilkan suatu pulsa yang mempunyai bagian di bawah garis dasar (zero cross over). Hal ini tidak diinginkan karena dapat menurunkan daya pisah sistem pada laju cacah yang tinggi. Untuk mengatasi persoalan tersebut dilakukan penyesuaian pole-zero. Biasanya pada sebuah penguat diantara tombol-tombolnya terdapat sebuah sekrup kecil untuk melakukan penyesuaian pole-zero. Penyesuaian dilakukan dengan memutar-mutar sekrup tersebut sambil mengamati pulsa keluaran dalam layar oscilloscope<sup>[1]</sup>.

#### METODE

##### Alat dan bahan

1. Seperangkat meca lengkap dengan dewar pendingin dan softwarena
2. Sumber standar co-60 dan es-137
3. Sampel air kpk 01
4. Merinelli
5. Tool kit
6. Modul amplifier

### Tata Kerja

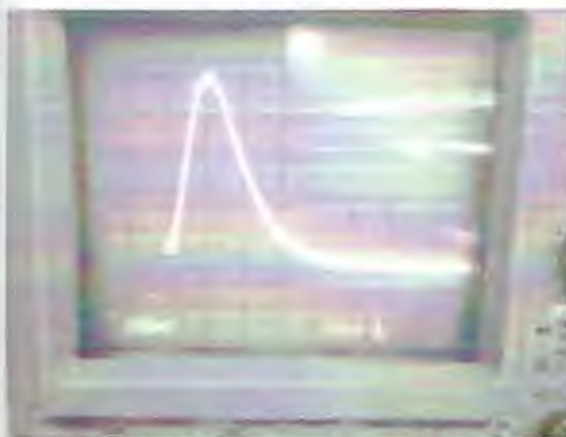
1. Melakukan pencacahan sampel
2. Melakukan pencacahan sumber standar co-60 dan cs-137 sebelum amplifier diganti dengan fungsi hv
3. Melakukan pengujian amplifier dengan menggunakan osiloscop
4. Melakukan pencacahan sumber standar co-60 dan cs-137 setelah amplifier dan hv diganti

### HASIL

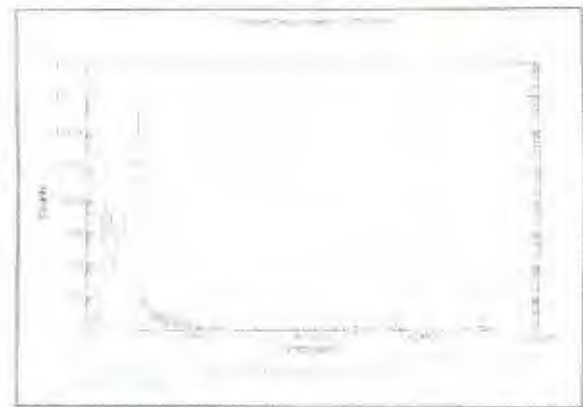
Hasil pengujian hardware amplifier sebelum dilakukan pencacahan disajikan pada Gambar 2 dan 3. Setelah dilakukan pengesetan pole zero dilanjutkan dengan melakukan pencacahan sampel dan sumber standar disajikan pada Gambar 4, 5, 6, dan 7, sedangkan setelah kondisi stabil ditunjukkan dengan spektrum sumber standar yang disajikan pada Gambar 8.



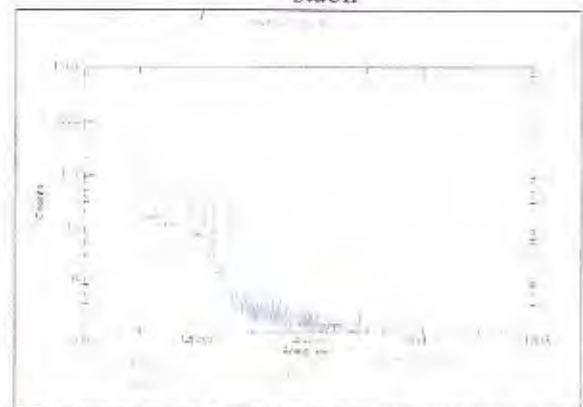
Gambar 2. Kompensasi pole-zero sebelum diatur



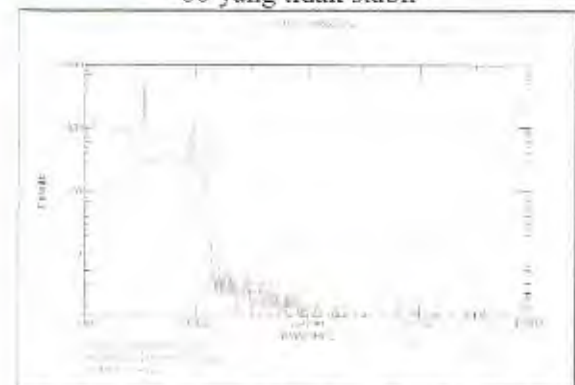
Gambar 3. Kompensasi pole-zero setelah diatur



Gambar 4. Spektrum sampel yang tidak stabil



Gambar 5. Spektrum sumber Cs-137 dan Co-60 yang tidak stabil



Gambar 6. Spektrum sumber Cs-137 dan Co-60 yang tidak stabil



Gambar 7. Spektrum sumber Cs-137 dan Co-60 yang tidak stabil



Gambar 8. Spektrum sumber standar Cs-137 dan Co-60 yang stabil

### PEMBAHASAN

Untuk meyakinkan bahwa tidak ada permasalahan dengan hardware pertama-tama dilakukan pengujian terhadap keluaran sinyal dari amplifier. Hasil pengujiannya ditunjukkan pada gambar 2, berdasarkan gambar 2 tersebut terlihat bahwa pulsa keluaran penguat awal berupa pulsa ekor yang mempunyai bagian di bawah garis dasar (*zero cross over*). Hal ini tidak diinginkan karena dapat menurunkan daya pisah sistem pada laju cacah yang tinggi dan diperolehnya tinggi spektrum yang tidak sesuai. Sesuai fungsinya spektrometer gamma bisa digunakan untuk analisis sampel baik analisis kualitatif maupun kuantitatif, jika dengan kondisi ini spektrometer gamma digunakan untuk mencacah maka hasil cacahannya akan berkurang atau lebih kecil dari yang seharusnya sehingga jika untuk menganalisis kuantitas dari sebuah nuklida maka hasilnya kurang optimum karena aktivitasnya menjadi lebih kecil. Namun jika untuk analisis kualitatif tidak bermasalah karena spektrum yang terdeteksi tetap pada salur (energinya) hanya lebih rendah dari yang seharusnya. Untuk menanggulangi masalah tersebut dengan melakukan penyesuaian pole-zero, dengan cara mengatur (memutar-mutar) baut pengatur. Setelah dilakukan penyesuaian pole-zero keluaran pulsa dari detektor dibaca dengan osiloskop ditunjukkan pada gambar 3, berdasarkan gambar 3 tersebut terlihat bahwa keluaran pulsa proposional, hal ini berarti tidak ada kerugian dari pulsa yang dikeluarkan sehingga spektrometer siap digunakan.

Permasalahan yang kedua adalah spektrum yang tidak stabil. Pada gambar 4 ditunjukkan spektrum yang diperoleh dari cacah sampel limbah cair kpk 01, berdasarkan gambar 4 tersebut ditunjukkan bahwa spektrum

tersebut tidak representatif karena tidak stabil sehingga membentuk spektrum seperti yang tidak seharusnya sehingga data tersebut sangatlah tidak valid. Kejadian seperti ini sering berulang, berdasarkan pengamatan yang dilakukan hal ini disebabkan karena keterlambatan dalam melakukan pengisian nitrogen cair yang berfungsi sebagai pendingin sehingga menyebabkan unjuk kerja detektor menjadi tidak stabil. Karena germanium memiliki band gap yang relatif rendah, detektor ini harus didinginkan pada suhu  $77^{\circ}\text{K}$  untuk mengurangi arus bocor balik ke tingkat yang dapat diterima. Jika tidak, kebocoran arus gangguan yang dihasilkan akan menghancurkan resolusi energi detektor germanium. Germanium detektor dipasang dalam ruang vakum yang melekat atau dimasukkan ke dalam dewar dan dilindungi dari kelembaban dan kontaminan kondensasi<sup>(2)</sup>. Untuk menanggulangi permasalahan ini dengan menjaga agar pengisian nitrogen cair yang berfungsi sebagai pendingin terjadwal dan kontinyu.

Permasalahan yang ketiga adalah disaat sedang mencacah tiba-tiba muncul spektrum bayangan (bukan spektrum yang sebenarnya) ditunjukkan pada gambar 5, berdasarkan gambar 5 tersebut terlihat bahwa muncul spektrum yang bukan sebenarnya didekat spektrum Cs-137 dan Co-60. Hal ini disebabkan karena sistem yang belum stabil. Untuk mengatasi hal tersebut dengan melakukan pemeriksaan pengaturan tegangan kerja, memeriksa bias suply dan kabel hv, kemudian melakukan pencacahan berulang dengan cara menekan stop, clear dan start secara berulang sampai diperoleh spektrum stabil sesuai dengan kondisi yang diharapkan.

Permasalahan yang keempat adalah disaat sedang mencacah tiba-tiba spektrum rusak ditunjukkan pada gambar 6 dan 7, berdasarkan gambar 6 dan 7 tersebut terlihat bahwa spektrum Cs-137 dan Co-60 tiba-tiba rusak. Hal ini semula diduga disebabkan karena sistem yang belum stabil. Oleh karena itu untuk mengatasi hal tersebut dengan mengatur amplifier kemudian melakukan pencacahan berulang dengan cara menekan stop, clear dan start secara berulang tetapi ternyata spektrum masih belum bisa stabil.

Akhirnya dicoba mengganti modul amplifier yang baru. Setelah diganti modul yang baru dan digunakan untuk mencacah

sumber standar Cs-137 dan Co-60 hasil spektrumnya terlihat stabil dan representatif, spektrumnya ditunjukkan pada gambar 8. Dengan menjaga sistem pendinginan tetap terkondisi dengan baik, melakukan penggantian modul amplifier maka sistem spektrometer gamma rsg-gas kembali berada dalam kondisi normal dan bisa siap digunakan dalam pelayanan analisis sehari-hari.

#### **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil identifikasi yang dilakukan penyebab ketidakstabilan spektrometer gamma RSG-gas dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Ketidak stabilan spektrometer gamma rsg-gas adalah kurang memadainya sistem pendinginan terhadap detektor HPGe.
2. Melemahnya fungsi amplifier karena faktor aging
3. Untuk menjaga kestabilan spektrometer gamma RSG-gas perlu dikondisikan agar keberlangsungan pendinginan terhadap detektor tetap terjaga.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

1. Susetyo, W, spektrometri gamma dan penerapannya dalam analisis pengaktifan neutron, gajah mada university press, (1988).
2. Anonymous, user's manual germanium detectors, canberra.
3. Anonymous, user's manual mca emulator, maestr 32. ortec.
4. Anonymous, perka bapeten no.4, tentang " proteksi dan keselamatan radiasi dalam pemanfaatan tenaga nuklir", (2013).
5. Sk ka batan: 123/ka/viii/2007, tentang " rincian tugas unit kerja lingkungan batan".
6. Juknis pengoperasian mca.