

ISSN : 1978-9971

PROSIDING

**PERTEMUAN DAN PRESENTASI ILMIAH
FUNGSIONAL PENGEMBANGAN TEKNOLOGI NUKLIR I**

JAKARTA, 12 DESEMBER 2007



**PUSAT TEKNOLOGI KESELAMATAN DAN METROLOGI RADIASI
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL**

JL. CINERE PASAR JUM'AT, KOTAK POS 7043 JKSKL – JAKARTA SELATAN 12070
Telp. (021) 7513906 (Hunting) Fax. : (021) 7657950 E-mail : ptkmr@batan.go.id

2007

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT atas karunia yang diberikan kepada Panitia Penyelenggara, sehingga dapat diselesaikan penyusunan Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Fungsional Pengembangan Teknologi Nuklir I dengan tema “Peranan Iptek Nuklir dalam Mendukung Keselamatan dan Keamanan Teknologi Nasional”

Presentasi Ilmiah kali ini disajikan sebanyak 23 makalah, 1 makalah utama disajikan dalam Sidang Pleno, 9 makalah disajikan secara oral dan 13 makalah disajikan secara poster. Makalah yang masuk berasal dari PTBN-BATAN 4 makalah dan PTKMR-BATAN 19 makalah.

Prosiding yang diterbitkan ini merupakan usaha optimal panitia penyelenggara dengan mempertimbangkan kemampuan dan pengalaman para penyaji/penulis makalah sehingga tetap merefleksikan tingkat kemampuan para penulis dalam pengembangan profesi.

Panitia penyelenggara berharap semoga Prosiding ini dapat menjadi sumber informasi dan acuan yang berguna bagi semua pihak yang memerlukannya. Sebagai penutup, Panitia Penyelenggara menyampaikan mohon maaf atas segala kekurangan/kesalahan dalam penyusunan Prosiding ini dan menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah ikut mensukseskan / membantu terselenggaranya Pertemuan dan Presentasi Ilmiah ini.

Jakarta, 12 Desember 2007
Panitia Penyelenggara

PANITIA PERTEMUAN DAN PRESENTASI ILMIAH FUNGSIONAL PENGEMBANGAN TEKNOLOGI NUKLIR I Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi

SK No : 171 /KMR/IX/2007

I. PENGARAH

Ketua : Dr. Susilo Widodo
Anggota : Drs. Soekarno Suyudi
Drs. Nurman Rajaguguk

II. PENYELENGGARA

Ketua : Wahyudi, S.ST.
Wakil Ketua : Kristina Dwi Purwanti
Sekretaris : Kusdiana, ST.
Bendahara : Eni Suswanti, A.Md.

Seksi-seksi :

✚ Persidangan : 1. Wijono, ST.
2. Setyorini, SE.
✚ Dokumentasi : Suratno
✚ Perlengkapan : 1. Holnizar
2. Agung A., A.Md.
✚ Konsumsi : Elistina, A.Md.

III. EDITOR DAN PENILAI MAKALAH

Ketua : Drs. Nurman Rajaguguk
Wakil Ketua : Drs. Gatot Wurdianto, MEng.
Anggota : Dra. Zubaedah Alatas, M.Sc
Drs. Mukhlis Akhadi, APU.
dr. Fadil Natsir, Sp.KN.
Dr. Johannes R. Dumais
Dr. Mukh Syaifudin

SAMBUTAN

KEPALA PUSAT TEKNOLOGI KESELAMATAN DAN METROLOGI RADIASI

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Pertama-tama marilah kita panjatkan puji syukur kepada Allah SWT, karena Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Fungsional Pengembangan Teknologi Nuklir I telah tersusun. Pertemuan dan Presentasi Ilmiah ini dilaksanakan dengan tema "Peran Iptek Nuklir dalam Mendukung Keselamatan dan Keamanan Teknologi Nasional", yang bertujuan sebagai wahana dalam kegiatan pengembangan profesi para pejabat fungsional di lingkungan Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi pada khususnya dan BATAN pada umumnya. Hal ini selaras dengan Visi Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi yaitu menjadi pusat acuan nasional dalam bidang keselamatan radiasi dalam aplikasi teknologi nuklir di bidang kesehatan.

Diharapkan dengan penerbitan Prosiding ini dapat memberi informasi ilmiah tentang salah satu sisi pengembangan teknologi nuklir terutama dalam bidang keselamatan dan metrologi radiasi.

Akhirnya kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Panitia dan Tim Editor yang telah bekerja tidak kenal lelah serta semua pihak yang telah ikut membantu kegiatan penerbitan Prosiding ini baik secara langsung ataupun tidak langsung.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Jakarta, Desember 2007

Kepala PTKMR,

Dr. Susilo Widodo

DAFTAR ISI

<u>KATA PENGANTAR DAN SUSUNAN PANITIA</u>	<i>i</i>
<u>SAMBUTAN KEPALA PTKMR</u>	<i>ii</i>
<u>DAFTAR ISI</u>	<i>iii</i>
<u>MAKALAH UTAMA</u>	
Pengelolaan Standar Nasional dan Satuan Ukuran (SNSU) Radiasi Pengion dan Radioaktivitas <i>Susetyo Trijoko</i> PTKMR-BATAN	<i>1</i>
<u>MAKALAH ORAL :</u>	
1. Prakiraan dosis ekivalen seluruh tubuh pekerja radiasi Instalasi Radiometalurgi berdasarkan ICRP 60 <i>Budi Prayitno dan Suliyanto</i> PTBN – BATAN	<i>33</i>
2. Tingkat ketelitian alat WBC Model 2260 Accuscan Canberra pada pencacahan seluruh tubuh dan paru <i>Sugiyana</i> PTKMR – BATAN	<i>44</i>
3. Kontrol kinerja spektrometer gamma menggunakan metode <i>Quality Control Chart</i> <i>Noviarty, Dian Anggraini dan Rosika Kriswarini</i> PTBN – BATAN	<i>60</i>
4. Akurasi penentuan kadar tritium (^3H) dalam urin menggunakan indikator <i>Quenching</i> (pemadam) <i>tSIE</i> <i>Elistina</i> PTKMR – BATAN	<i>69</i>
5. Efisiensi penandaan etil, propil dan butil iodida dengan ^{11}C secara otomatis <i>Sri Wahyuni</i> PTKMR – BATAN	<i>80</i>
6. Penentuan aktivitas enzim GOT dan GPT dengan metode reaksi kinetik enzimatik sesuai IFCC (<i>International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine</i>) <i>Sri Sardini</i> PTKMR – BATAN	<i>91</i>

7. Analisis unsur-unsur pengotor dalam serbuk U_3O_8 hasil kalsinasi endapan natrium diuranat.
Torowati, Ngatijo, Asminar dan Rahmiati 107
PTBN – BATAN
8. Analisis kekasaran permukaan kelongsong *zirkaloy-2* dengan alat *Roughness Tester type Surtonic-25*
Pranjono 116
PTBN – BATAN
9. Konsentrasi radionuklida alam dalam tanah dan air di kawasan perkantoran Pemerintah Bangka Belitung
Asep Warsona 126
PTKMR – BATAN

MAKALAH POSTER :

1. Kalibrasi alat ukur aktivitas “Dose Calibrator” secara simultan
Gatot Wurdianto, Wijono dan Hermawan Candra 134
PTKMR – BATAN
2. Kalibrasi keluaran berkas elektron pesawat pemercepat linier medik klinik 2100C No.Seri 1402 di Rumah Sakit Umum Pusat Dr. Sutomo Surabaya
Nurman R dan Bambang S 145
PTKMR – BATAN
3. Kalibrasi keluaran pesawat sinar-X Orthovoltage Monogil Gilardoni
Eni Suswantini dan Sri Inang Sunaryati 154
PTKMR – BATAN
4. Penentuan respon pencacah neutron MK7 NRM terhadap sumber netron cepat $^{241}\text{Am-Be}$
Sri Inang Sunaryati 161
PTKMR – BATAN
5. Penentuan jarak optimal pengukuran sistem pencacah
Holnisar dan Rosdiani 168
PTKMR – BATAN

6. Analisis arus bocor *Vibrating Reed Electrometer* TR 8411 pada sistem pencacah kamar pengion menggunakan sumber standar Cs-137 PTB dan ETL
Gatot Wurdiyanto dan Wijono 175
PTKMR – BATAN
7. Uji karakteristik Adaptor *Universal* model SYK-500 menggunakan DMM Sanwa PC 100, 4000 Count/Barb Graph
Wijono, Suratna dan Eko Pramono 187
PTKMR – BATAN
8. Faktor koreksi atenuasi diri foton pada rentang energi gamma 121-1408 keV dalam “Crude Palm Oil” menggunakan detektor HPGe
Hermawan Candra dan Pujadi 195
PTKMR – BATAN
9. Penentuan radionuklida pemancar gamma dalam sampel tanah pada uji profisiensi IAEA tahun 2006
Wahyudi, Kusdiana dan Sutarman 204
PTKMR – BATAN
10. Penentuan aktivitas rendah pada beberapa tipe sampel *gypsum* menggunakan Surveymeter Ludlum 3-98
Wijono, Agung Agusbudiman dan Holnisar 215
PTKMR – BATAN
11. Teknik serangga mandul untuk pengendalian serangga vektor pada daerah luas
Siti Nurhayati 221
PTKMR – BATAN
12. Toksisitas dekontaminan prusian blue pada hemopoitik kera ekor panjang (*Macaca fascicularis*)
Tur Rahardjo 231
PTKMR – BATAN
13. Penentuan dosis iradiasi optimal untuk melemahkan *Plasmodium berghei* stadium eritrositik
Devita Tetriana dan Darlina 246
PTKMR – BATAN

PENENTUAN RADIONUKLIDA PEMANCAR GAMMA DALAM SAMPEL TANAH PADA UJI PROFISIENSI IAEA TAHUN 2006

Wahyudi, Kusdiana dan Sutarman
Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi – BATAN

ABSTRAK

PENENTUAN RADIONUKLIDA PEMANCAR GAMMA DALAM SAMPEL TANAH PADA UJI PROFISIENSI IAEA TAHUN 2006. Telah dilakukan uji profisiensi dalam penentuan radionuklida pemancar gamma dalam sampel tanah dari IAEA tahun 2006. Sampel tanah yang diterima dari IAEA diverifikasi untuk mengetahui kebenaran dokumen dan kondisi sampel. Tujuan dari uji profisiensi ini adalah untuk mengetahui kinerja laboratorium peserta dalam melakukan analisis sampel tanah. Sampel tanah diambil sebanyak $(151,33 \pm 0,76)$ g, kemudian ditempatkan dalam vial diameter 57 mm dan tinggi 50 mm. Sampel diukur dengan spektrometer gamma yang dilengkapi dengan detektor HPGe model GEM-25185 buatan Ortec. Dalam pengukuran ini teridentifikasi 7 radionuklida pemancar radiasi gamma, 6 radionuklida yaitu ^{54}Mn , ^{65}Zn , ^{109}Cd , ^{134}Cs , ^{137}Cs dan ^{241}Am memenuhi kriteria uji profisiensi dan radionuklida ^{60}Co tidak memenuhi kriteria uji.

Kata kunci : radionuklida pemancar gamma, uji profisiensi, sampel tanah.

ABSTRACT

DETERMINATION OF GAMMA RADIONUCLIDES IN SOIL SAMPLE ON THE IAEA PROFICIENCY TEST IN 2006. Determination of gamma emitting in soil on the IAEA proficiency test in 2006 had been carried out. Soil sample received from IAEA was checked to know the sample condition and the document. The aim of this proficiency test was to obtain the performance of the participant laboratory. The (151.33 ± 0.76) g sample was placed to the 57 mm diameter vial and 50 mm height. The sample was counted by using the gamma spectrometer with HPGe detector GEM-25185 model made by Ortec. The result of measurement showed that the 7 radionuclides identified, 6 radionuclides are ^{54}Mn , ^{65}Zn , ^{109}Cd , ^{134}Cs , ^{137}Cs and ^{241}Am have fulfilled the proficiency test criteria and ^{60}Co radionuclide has not fulfilled the proficiency test criteria.

Key words : gamma emitting radionuclides, proficiency test, soil sample.

I. PENDAHULUAN

Pada Juni 2006 Laboratorium Keselamatan, Kesehatan dan Lingkungan atau biasa disebut Lab. KKL pada Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi BATAN telah menerima sampel tanah dari IAEA dalam

rangka uji profisiensi. Kegiatan ini merupakan kelanjutan dari kegiatan yang pernah dilakukan serupa pada tahun 2004. Pada uji profisiensi tahun 2004 sampel yang dianalisis berupa susu, larutan, dan tanah. Pada uji profisiensi tahun 2004, pada penentuan radionuklida

dalam sampel larutan sudah cukup memuaskan namun pada sampel tanah dan sampel susu belum memuaskan.

Unit Lingkungan pada Lab. KKL mempunyai tugas melakukan analisis sampel lingkungan terutama pemancar gamma. Sampel lingkungan yang dianalisis pada umumnya berupa padatan, sehingga kegiatan ini dapat digunakan sebagai evaluasi pada analisis radionuklida dalam sampel lingkungan khususnya sampel padat. Lab. KKL telah diakreditasi oleh KAN (Komite Akreditasi Nasional) sejak Maret 2004 dan setiap tahun dilakukan *surveillance*.

Untuk mengetahui kinerja laboratorium dalam melakukan pengukuran radioaktivitas lingkungan, maka laboratorium ikut dalam uji profisiensi pada penentuan radionuklida pemancar gamma dalam sampel tanah yang diadakan oleh IAEA (*International Atomic Energy Agency*) tahun 2006. Pada uji profisiensi ini akan ditentukan radionuklida pemancar gamma dalam sampel tanah. Hasil kegiatan ini dapat digunakan sebagai salah satu data pendukung sebagai laboratorium yang telah diakreditasi^[1].

Tujuan dari mengikuti uji profisiensi ini adalah untuk mengetahui

kemampuan dalam melakukan penentuan radionuklida pemancar gamma dalam sampel tanah. Keuntungan lain yaitu laboratorium memperoleh sampel uji untuk bahan referensi yang dapat digunakan sebagai standar dalam pengukuran.

Makalah ini menguraikan tentang penentuan radionuklida pemancar sinar gamma dalam sampel tanah yang diselenggarakan oleh IAEA tahun 2006. Sampel diukur menggunakan spektrometer gamma dengan detektor Germanium kemurnian tinggi (HPGe). Alat tersebut secara rutin digunakan untuk melakukan kegiatan penelitian berbagai sampel lingkungan maupun kegiatan pelayanan analisis cemaran radiasi dalam berbagai sampel komoditas ekspor.

II. TEORI

Spektrometer gamma yang dilengkapi dengan detektor HPGe biasa digunakan untuk menganalisis radionuklida pemancar gamma di dalam sampel lingkungan. Penggunaan jenis detektor HPGe ini karena dapat memisahkan spektrum energi gamma yang berdekatan dengan resolusi sekitar 2,0 keV FWHM (lebar setengah tinggi

puncak) untuk radionuklida ^{60}Co pada energi 1332,50 keV. Nilai FWHM semakin kecil menunjukkan kemampuan detektor semakin baik dalam memisahkan spektrum dari radiasi gamma yang ditangkap oleh detektor [2,3].

Sistem spektrometer gamma perlu dikalibrasi dengan sumber standar sebelum digunakan untuk pengukuran. Kalibrasi yang dilakukan adalah kalibrasi energi dan kalibrasi efisiensi. Kalibrasi energi diperlukan untuk menentukan hubungan antara nomor salur (*channel*) dan energi gamma (keV). Karena setiap radionuklida mempunyai energi yang berbeda dan tertentu yang bersifat spesifik, maka hal inilah yang digunakan sebagai dasar dalam analisis baik kualitatif maupun kuantitatif. Perangkat lunak akuisisi pada spektrometer gamma dapat melakukan kalibrasi energi secara langsung pada komputer. Kalibrasi efisiensi dilakukan untuk menentukan efisiensi detektor pada suatu energi atau untuk suatu rentang energi tertentu. Analisis radionuklida secara kuantitatif dilakukan berdasarkan kalibrasi efisiensi ini.

Untuk menghitung efisiensi pengukuran pada tiap-tiap energi gamma

menggunakan persamaan sebagai berikut [4-6] :

$$\varepsilon_{\gamma} = \varepsilon_{avg} \pm U_{\varepsilon} \dots\dots\dots (1)$$

dengan :

ε_{γ} adalah efisiensi terkoreksi (cps/dps).

ε_{avg} adalah efisiensi rata-rata (cps/dps).

U_{ε} adalah ketidakpastian nilai efisiensi (cps/dps).

$$\varepsilon_{avg} = \frac{n_s - n_B}{A_t \cdot p_{\gamma}} \dots\dots\dots (2)$$

dengan :

n_s adalah laju cacah standar (cps)

n_B adalah laju cacah latar (cps)

A_t adalah aktivitas pada saat pencacahan (Bq atau dps)

p_{γ} adalah *yield* energi gamma (%)

Nilai ketidakpastian dari efisiensi diperoleh dari beberapa faktor yaitu; nilai dari sertifikat sumber standar (U_{cert}), pencacahan (U_{cacah}), penimbangan (U_w), dan dari *yield* (U_p) yang secara umum ditulis dengan persamaan [4-6]:

$$U_{\varepsilon} = \sqrt{\left(\frac{U_{cert}}{A_t}\right)^2 + \left(\frac{U_{cacah}}{N_s}\right)^2 + \left(\frac{U_w}{w}\right)^2 + \left(\frac{U_p}{p_{\gamma}}\right)^2} \dots\dots\dots (3)$$

dengan :

U_{cert} adalah ketidakpastian dari sertifikat sumber standar (Bq)

U_{cacah} adalah ketidakpastian dari pencacahan (cacah)

U_w adalah ketidakpastian dari penimbangan sumber standar (kg)

U_p adalah ketidakpastian dari *yield* pada energi gamma teramati (%)

w adalah berat standar (kg)

Konsentrasi zat radioaktif dalam sampel pada pengukuran dengan sistem spektrometer gamma ditentukan dengan persamaan sebagai berikut [5] :

$$C_{Sp} = C_{avg} \pm U_T \dots\dots\dots (4)$$

dengan :

C_{Sp} adalah konsentrasi zat radioaktif dalam sampel terkoreksi (Bq/kg)

C_{avg} adalah konsentrasi zat radioaktif dalam sampel rata-rata (Bq/kg)

U_T adalah ketidakpastian pengukuran yang diperluas (Bq/kg)

$$C_{avg} = \frac{n_s - n_B}{\epsilon_\gamma \cdot p_\gamma \cdot W_{Sp}} \dots\dots\dots (5)$$

dengan :

n_s adalah laju cacah sampel (cps)

n_B adalah laju cacah latar (cps)

ϵ_γ adalah efisiensi pada energi gamma teramati (%)

p_γ adalah *yield* dari energi gamma teramati (%)

W_{Sp} adalah berat sampel (kg)

$$U_T = C_{avg} x \sqrt{u_N^2 + u_B^2 + u_\epsilon^2 + u_p^2 + u_w^2} \dots\dots\dots (6)$$

dengan :

u_N adalah ketidakpastian pencacahan sampel (%)

u_B adalah ketidakpastian pencacahan latar (%)

u_ϵ adalah ketidakpastian efisiensi pada energi teramati (%)

u_p adalah ketidakpastian kelimpahan (%)

u_w adalah ketidakpastian berat sampel (%).

Untuk memudahkan perhitungan ketidakpastian yang terentang (*expanded uncertainty*), maka satuan ketidakpastian dinyatakan dalam prosen, sedangkan untuk penulisan dalam data dinyatakan sesuai dengan satuan nilai rata-rata.

Hasil pengukuran yang dilakukan oleh laboratorium peserta dengan nilai yang ditentukan oleh IAEA terdapat perbedaan (*Relative Bias*). Untuk mengetahui besarnya perbedaan nilai aktivitas radionuklida yang diperoleh ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [6,7] :

$$Relative\ Bias = \frac{C_{KKL} - C_{IAEA}}{C_{IAEA}} x 100\% \dots\dots\dots (7)$$

dengan :

Relative Bias adalah perbedaan nilai aktivitas Lab. KKL dengan IAEA (%)

C_{IAEA} adalah nilai aktivitas dari IAEA (Bq/kg)

C_{KKL} adalah aktivitas hasil pengukuran laboratorium peserta (Bq/kg)

Faktor lain yang menentukan hasil uji profisiensi adalah nilai benar (*trueness*). Besarnya nilai benar $A_1 \leq A_2$, dengan nilai A_1 dan A_2 ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut [7] :

$$A_1 = |C_{KKL} - C_{IAEA}| \text{ dan}$$
$$A_2 = 2,58\sqrt{U_{IAEA}^2 + U_{KKL}^2} \dots\dots\dots (8)$$

Dari hasil pengujian dilakukan evaluasi untuk menentukan kriteria lulus uji berdasarkan nilai benar dan presisi. Nilai presisi untuk dapat memenuhi kriteria $P \leq 15\%$ untuk radionuklida ^{54}Mn , ^{65}Zn , ^{60}Co , ^{134}Cs dan ^{137}Cs , sedangkan untuk ^{109}Cd dan ^{241}Am nilai $P \leq 20\%$ [8], besarnya nilai P ditentukan dengan persamaan sebagai berikut [7] :

$$P = \sqrt{\left(\frac{U_{IAEA}}{C_{IAEA}}\right)^2 + \left(\frac{U_{KKL}}{C_{KKL}}\right)^2} \times 100\%$$

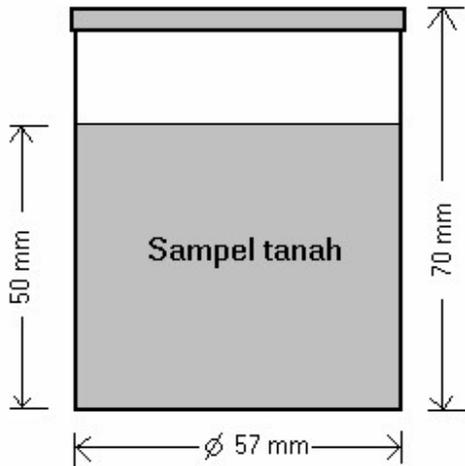
\dots\dots\dots (9)

Untuk dapat diterima dalam uji profisiensi ini maka hasil pengujian masing-masing radionuklida harus memenuhi nilai benar maupun nilai presisi.

III. TATA KERJA

Bahan dan Peralatan

Sampel tanah dalam wadah botol plastik dikirim oleh IAEA ke Lab. KKL. Sampel diperiksa kondi-sinya untuk memastikan tidak terjadi cacat. Peralatan utama yang digunakan adalah spektrometer gamma yang dilengkapi dengan detektor HPGe model GEM-25185 buatan Ortec dengan efisiensi relatif 27%. Spektrometer gamma dikalibrasi dengan sumber standar campuran yang mempunyai geometri sama dengan sampel. Peralatan lain adalah *oven*, cawan porselin, neraca analitis, vial diameter dalam 57 mm dan tinggi 70 mm.



Gambar 1. Vial yang digunakan untuk menempatkan sampel tanah.

Metodologi

Sampel tanah diambil sebanyak $(153,63 \pm 0,77)$ gram berat awal lalu dimasukkan ke dalam vial diameter 57 mm, tinggi sampel 50 mm. Sampel kemudian diukur menggunakan spektrometer gamma selama 61200 detik yang dioperasikan dengan perangkat lunak *Maestro for Windows*. Hasil pencacahan sampel berupa spektrum, sehingga nilai cacahan dihitung untuk setiap puncak yang muncul. Analisis radionuklida didasarkan pada energi gamma, sedangkan luasan puncak sebagai fungsi konsentrasi aktivitas dari radionuklida. Setelah dilakukan pengukuran, sampel dipanaskan di dalam oven pada suhu 105°C selama 24 jam

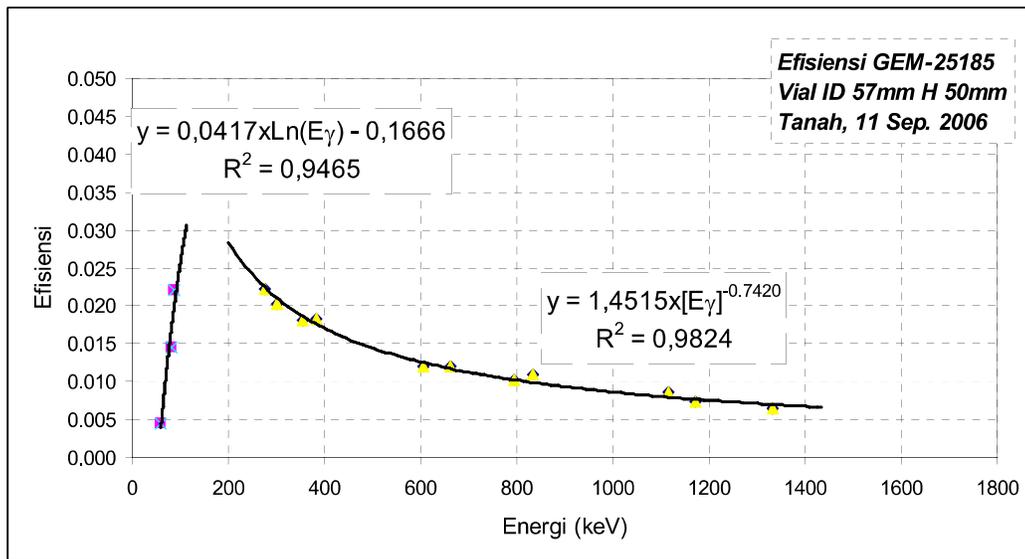
untuk menentukan kadar air dalam sampel, diperoleh berat sampel kering $(151,33 \pm 0,76)$ gram. Konsentrasi aktivitas radionuklida dihitung menggunakan persamaan 4-6 dengan basis berat kering. Hasil penentuan radionuklida yang dilakukan Lab. KKL dikirim ke IAEA melalui pos maupun *E-mail* (Tabel 1). IAEA melakukan evaluasi terhadap hasil pengukuran yang dilakukan Lab. KKL yang hasilnya disajikan dalam (Tabel 2).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil kalibrasi efisiensi sistem spektrometer gamma detektor HPGe model GEM-25185 disajikan pada Gambar 2. Standar dibuat dari sampel uji profisiensi IAEA tahun 2004 dalam bentuk cair yang dicampurkan pada matrik tanah. Sampel tersebut terdiri dari campuran radionuklida ^{54}Mn , ^{60}Co , ^{65}Zn , ^{109}Cd , ^{133}Ba , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{210}Pb , dan ^{241}Am . Detektor dibuka dengan jendela energi 50 sampai 2000 keV. Sumber standar yang digunakan mempunyai bentuk geometri yang hampir sama dengan sampel, serta mempunyai jangkauan energi dari 46,54 sampai 1332,50 keV.

Pada Gambar 2 dapat dilihat efisiensi sistem spektrometer gamma mempunyai karakteristik yang spesifik. Efisiensi pada energi di bawah 140 keV diperoleh persamaan Efisiensi = $0,0417 \times \ln(E\gamma)$ dengan $R^2 = 0,9465$

dengan kurva yang cukup curam. Sedangkan pada energi di atas 140 keV diperoleh persamaan Efisiensi = $1,4515 \times E\gamma^{-0,7420}$ dengan $R^2 = 0,9824$ dengan kurva yang cukup landai.



Gambar 2. Kalibrasi efisiensi sistem spektrometer gamma detektor HPGe Ortec Model GEM-25185.

Dari nilai koefisien korelasi (R^2), maka dapat dikatakan kurva efisiensi mempunyai koefisien korelasi dengan nilai $R^2 \approx 1$, ini berarti setiap titik mendekati garis kurva efisiensi. Analisis dilakukan secara langsung apabila radionuklida yang dianalisis sama dengan standar, sedangkan kurva efisiensi digunakan untuk menghitung radionuklida yang berbeda tetapi dalam rentang energi pada kurva efisiensi.

Untuk analisis radionuklida yang mempunyai energi lebih dari satu, maka untuk perhitungan didasarkan pada energi dengan kelimpahan (*yield*) terbesar^[4], sedangkan energi yang lain sebagai data pendukung. Hasil perhitungan terhadap pengukuran sampel uji profisiensi disajikan pada Tabel 1. Aktivitas radionuklida yang diperoleh dikoreksi terhadap peluruhan dan dihitung aktivitasnya pada tanggal 1 Juli 2006, sesuai dengan formulir isian dari IAEA. Dari hasil pengukuran yang dilakukan

dapat diidentifikasi 7 radionuklida. Dua radionuklida mempunyai energi di bawah 140 keV, dan 5 radionuklida mempunyai energi di atas 140 keV. Dua radionuklida di bawah energi 140 keV adalah ^{241}Am

dan ^{109}Cd , sedangkan 5 radionuklida mempunyai energi di atas 140 keV adalah ^{54}Mn , ^{60}Co , ^{65}Zn , ^{134}Cs , dan ^{137}Cs .

Tabel 1. Hasil analisis sampel tanah dari IAEA yang diukur di Lab. KKL

No.	Nuklida	Energi (keV)	Yield	T paro (hari)	Aktivitas (Bq/kg)	
					01-07-06	Ketidakpastian
1	^{54}Mn	834,84	0,99975	312,5	53,104	1,950
2	^{60}Co	1335,50	0,999824	1925,5	64,951	2,444
3	^{65}Zn	1115,55	0,504	243,9	79,474	4,106
4	^{109}Cd	88,03	0,0365	463	238,870	25,347
5	^{134}Cs	604,70	0,976	754,2	71,447	2,287
6	^{137}Cs	661,66	0,85	10957,5	57,751	2,069
7	^{241}Am	59,54	0,360	157788	111,254	11,877

Catatan : Tanggal aktivitas : 1 Juli 2006 (sesuai dengan lembar isian IAEA)

Penentuan efisiensi pada energi di bawah 140 keV mempunyai nilai *relative bias* yang cukup besar, hal ini disebabkan bentuk kurva efisiensi mempunyai kemiringan yang cukup tajam, sehingga pergeseran sedikit saja pada energi gamma akan terjadi penyimpangan nilai efisiensi yang cukup besar. Hal ini sebagai salah satu penyumbang besarnya perbedaan nilai konsentrasi antara Lab. KKL dengan nilai konsentrasi dari IAEA. Sebagai

gambaran dapat dilihat pada penentuan ^{109}Cd dan ^{241}Am yang mempunyai perbedaan nilai konsentrasi antara Lab. KKL dan IAEA cukup besar (Tabel 2).

Berdasarkan laporan yang diterbitkan oleh IAEA^[8], maka hasil pengukuran yang dilakukan oleh Lab. KKL cukup memuaskan. Nilai presisi untuk seluruh pengukuran memenuhi kriteria uji, sedangkan dari hasil analisis nilai benar ada satu radionuklida yang tidak memenuhi kriteria uji yaitu ^{60}Co .

Dari kedua faktor yang menentukan kriteria tersebut maka ^{60}Co tidak memenuhi kriteria uji profisiensi. Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa 6 radionuklida yaitu ^{54}Mn , ^{65}Zn , ^{109}Cd , ^{134}Cs , ^{137}Cs , dan ^{241}Am telah memenuhi

kriteria uji profisiensi, sedangkan satu radionuklida yaitu ^{210}Pb tidak dapat diukur dengan detektor HPGe karena energi gamma ^{210}Pb di luar jangkauan detektor jenis HPGe.

Tabel 2. Hasil evaluasi uji profisiensi radionuklida pemancar radiasi gamma dalam sampel tanah yang diukur Lab KKL [8].

Nuklida	Aktivitas (Bq/gram)		Rel.Bias (%)	Nilai benar			Presisi		Hasil akhir
	IAEA	Lab. KKL		A1	A2	Nilai	P	Nilai	
^{54}Mn	$48 \pm 0,98$	$53,104 \pm 1,950$	10,63	5,10	5,63	A	4,20	A	A
^{60}Co	$56,1 \pm 1,37$	$64,951 \pm 2,444$	15,78	8,85	7,23	N	4,49	A	N
^{65}Zn	$77,6 \pm 2,54$	$79,474 \pm 4,106$	2,41	1,87	12,46	A	6,12	A	A
^{109}Cd	$177,6 \pm 8,4$	$238,870 \pm 25,347$	34,50	61,27	68,89	A	11,62	A	A
^{134}Cs	$64,2 \pm 1,87$	$71,447 \pm 2,287$	11,29	7,25	7,62	A	4,33	A	A
^{137}Cs	$52,6 \pm 1,08$	$57,751 \pm 2,069$	9,79	5,15	6,02	A	4,13	A	A
^{210}Pb	$259,5 \pm 12,53$	Tidak dilaporkan karena tidak teridentifikasi dengan detektor HPGe yang dipakai							
^{241}Am	$96,6 \pm 2,78$	$111,254 \pm 11,877$	15,17	14,65	31,47	A	11,06	A	A

Catatan : A = Accepted (memenuhi syarat), N = Non-Accepted (tidak memenuhi syarat),
 Tanggal aktivitas = 1 Juli 2006.

Radionuklida ^{210}Pb mempunyai energi gamma 46,54 keV berada di bawah jangkauan energi gamma untuk detektor HPGe dan mempunyai efisiensi yang rendah sehingga keberadaan ^{210}Pb dalam sampel tidak terdeteksi. ^{210}Pb dapat diukur menggunakan sistem spektrometer gamma yang dilengkapi dengan detektor Germanium energi rendah (LEGe) yang mempunyai jangkauan energi sampai 5 keV atau menggunakan jenis detektor yang

sensitif terhadap radiasi sinar gamma dan sinar-X misalnya jenis GMX untuk detektor buatan Ortec.

Pada penentuan kadar air, sampel tanah berat ($153,63 \pm 0,77$) gram diletakkan di dalam cawan porselin. Sampel dipanaskan sampai suhu 105°C selama 24 jam. Dari hasil penimbangan diperoleh hasil sampel tanah kering adalah ($151,33 \pm 0,76$) gram, berat kering digunakan sebagai dasar dalam perhitungan. Kadar air dalam sampel

tanah ini diperoleh nilai sebesar 1,5% dari berat awal. Kadar air ditentukan setelah sampel diukur, hal ini dilakukan supaya radionuklida yang mempunyai waktu paro pendek dapat dideteksi pada saat pengukuran.

Kalau dibandingkan dengan hasil uji profisiensi yang diikuti Lab. KKL tahun 2004 pada sampel cair, maka hasil yang diperoleh ini lebih baik. Pada uji profisiensi tahun 2004 untuk sampel cair diperoleh 5 radionuklida masuk kriteria uji yaitu ^{54}Mn , ^{60}Co , ^{65}Zn , ^{133}Ba , dan ^{137}Cs . Dalam hal ini telah terjadi peningkatan hasil kegiatan uji profisiensi yang dilakukan. Uji profisiensi harus didukung dengan peralatan yang memadai, dan dengan sumber standar yang tertelusur ke standar nasional atau internasional dengan ketidakpastian yang lebih kecil.

Keuntungan lain yang diperoleh dari keikutsertaan uji profisiensi ini adalah adanya koreksi terhadap kekurangan hasil pengukuran yang dilakukan oleh laboratorium selama ini serta memperoleh *reference material* dari sampel uji profisiensi. *Reference material* dari sampel hasil uji profisiensi dapat digunakan untuk mengkalibrasi sistem spektrometer gamma yang ada di

laboratorium dengan rentang energi yang cukup lebar yaitu dari 59,54 sampai 1332,50 keV.

V. KESIMPULAN

Dari hasil uji profisiensi sampel tanah dari IAEA tahun 2006 dalam penentuan radionuklida pemancar radiasi gamma, Lab. KKL mampu melakukan identifikasi 7 radionuklida dari 8 radionuklida yang ada, dan yang tidak teridentifikasi adalah ^{210}Pb . Dari 7 radionuklida yang teridentifikasi, 6 radionuklida yaitu ^{54}Mn , ^{65}Zn , ^{109}Cd , ^{134}Cs , ^{137}Cs , dan ^{241}Am memenuhi kriteria uji, dan satu radionuklida yaitu ^{60}Co tidak memenuhi kriteria uji. Dari hasil ini maka Lab. KKL berkemampuan dalam analisis radionuklida pemancar gamma dalam sampel tanah.

SARAN

Untuk mendukung kegiatan serupa di waktu mendatang dan meningkatkan pengukuran radionuklida dalam sampel lingkungan perlu tambahan peralatan spektrometer gamma yang dilengkapi dengan detektor yang sensitif terhadap energi gamma rendah serta pengadaan sumber standar pengukuran yang tertelusur ke standar internasional

secara berkala, sedangkan untuk sosialisasi hasil uji profisiensi perlu dilakukan presentasi atau seminar.

DAFTAR PUSTAKA

1. BSN, *Persyaratan umum kompetensi laboratorium pengujian dan laboratorium kalibrasi*, SNI 19-17025-2000, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta (2000).
2. DEBERTIN, K., and HELMER, R.G., *Gamma and X-ray Spectrometry with Semiconductor Detectors*, North Holland (1988).
3. SUSETYO, W., *Spektrometri Gamma dan Penerapannya dalam Analisis Pengaktifan Neutron*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta (1988)
4. BATAN, *Prosedur Analisis Sampel Radioaktivitas Lingkungan*, Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jakarta (1998).
5. MARTIN, J.E., *Physics for Radiation Protection*, John Wiley & Sons, Inc. New York (2000).
6. ISO/IEC GUIDE 43-1, *Proficiency testing by interlaboratory comparisons*, Part 1: Development and operation of proficiency testing schemes, Second Edition, Geneva (1997).
7. IAEA, *Final Report Proficiency Test on the Determination of α, β and γ -Emitting Radionuclides*, TC Project RAS/9/024 Environmental Radiation Monitoring and Regional Data Base, Seibersdorf, June 2005, (2005).
8. IAEA, *Individual Evaluation Report for Laboratory No.271*, The IAEA-CU-2006-03 Word-wide open proficiency test on the determination of gamma emitting radionuclides, Seibersdorf, Sep. 15, 2006 (2006).
9. WAHYUDI, SETIAWAN, A., dan YURFIDA, *Uji profisiensi pada penentuan radionuklida pemancar gamma dalam sampel cairan dari IAEA tahun 2004*, Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Fungsional Teknis Non-Peneliti, PTKMR-BATAN, 17 Juli 2007, Jakarta (2007) 65-77.

Tanya Jawab :

1. Penanya :

Pertanyaan : Sulaeman (PRR-BATAN)

1. Faktor apa yang menyebabkan radionuklida tidak lolos uji profisiensi.
2. Bagaimana solusinya hal serupa tidak terulang lagi.

Jawaban : Wahyudi (PTKMR – BATAN)

1. Faktor alat dan sumber sandar yang dimiliki laboratorium.
2. Pengadaan spektrometer gamma dengan detektor yang sensitif pada energi rendah dan pengadaan sumber sandar secara berkala serta peningkatan kemampuan personil laboratorium.