

KETIDAKPASTIAN PENGUKURAN ISOTOP Cs-137 DALAM BAHAN BAKAR U_3Si_2 -Al PASCA IRADIASI

Dian Anggraini, Arif Nugroho, Noviarthy

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir-BATAN
Kawasan Puspipstek – Tangerang 15314

ABSTRAK

Ketidapastian pengukuran pada analisis isotop Cs-137 dalam bahan bakar U_3Si_2 -Al Tingkat Muat Uranium (TMU) 2,96 g/cm³ pasca iradiasi telah dilakukan dengan menggunakan metode spektrometri gamma. Tujuan dilakukan kegiatan ini untuk melengkapi data validasi metode analisis isotop Cs-137. Keterelusuran pengukuran dilakukan dengan menggunakan bahan standar isotop Cs-137 CRM No. 4233C dan metode standar ASTM E320-79. Kontribusi komponen dalam penentuan ketidapastian ini pada tahap preparasi sampel mencakup penimbangan sampel, pengenceran, pencuplikan dan pada tahap pengukuran meliputi perhitungan efisiensi detektor dan pencacahan isotop Cs-137. Hasil analisis mendapatkan nilai ketidapastian untuk jumlah kandungan isotop Cs-137 sebesar 0,0801 µg/ml dan ketidapastian aktivitas isotop Cs-137 sebesar 256,57 Bq/mL pada tingkat kepercayaan 95%.

Kata Kunci : Ketidapastian, Isotop Cs-137, Bahan Bakar U_3Si_2 -Al Pasca Iradiasi

ABSTRACT

UNCERTAINTY OF Cs-137 MEASUREMENT IN POST IRRADIATED FUEL ELEMENT U_3Si_2 -Al. Measurement uncertainty on analysis of Cs-137 isotope in the irradiated fuel U_3Si_2 -Al of 2.96 gU/cm³ was carried out using gamma spectrometry method. The purpose of this activity is to complement the method validation of Cs-137 analysis. Traceability measurement is done by using standard isotope of Cs-CRM No. 137.4233C and ASTM E320-79 standard method. The components that contribute in determining the uncertainty in the step of sample preparation include sample weighing, dilution and sampling, while in the sample measurement, the components include detector efficiency calculation and measurement of Cs-137 isotope. The analysis results showed that the uncertainty value of Cs-137 isotope was 0.0801 µg/mL and the uncertainty of Cs-137 isotope activity was 256.57 Bq/mL at 95% level of confidence.

Keywords: Uncertainty, Cs-137 isotope, U_3Si_2 -Al Irradiated Fuel.

PENDAHULUAN

Kuantisasi faktor ketidapastian dalam suatu pengukuran merupakan suatu indikator kualitas hasil analisis, dan digunakan untuk evaluasi kehandalan data, kesesuaian data hasil ukur terhadap tujuan penggunaannya, serta membandingkan data dari pengukuran yang berbeda.¹ Secara definisi ketidapastian merupakan suatu rentang nilai yang di dalamnya terdapat nilai benar (*truth value*) dari sebuah pengukuran sehingga dapat menunjukkan derajat ketelitian dan kualitas data yang bermakna secara ilmiah. Seiring dengan perkembangan jaminan mutu dari laboratorium analisis, nilai

ketidapastian merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi dalam validasi metode suatu standar analisis, bagi laboratorium yang mengikuti standar pengujian seperti ISO/SNI 17025.

Instalasi Radiometalurgi (IRM) - PTBN sebagai laboratorium pengujian bahan bakar nuklir memiliki tugas melaksanakan pemeriksaan dan pengujian elemen bahan bakar pra iradiasi maupun pasca iradiasi. Salah satu pengujian pasca iradiasi yang dilakukan adalah penentuan kandungan isotop - isotop hasil fisi pemancar gamma di antaranya adalah isotop Cs-137 dengan menggunakan metode spektrometri gamma. Isotop Cs-137 memiliki umur paruh yang panjang (30,17 tahun), luas tampang penangkapan neutron kecil, dan jumlah kandungan

dalam bahan bakar nuklir (BBN) pasca iradiasi cukup besar dibanding isotop lainnya yaitu sekitar (6,26%).³ Hal ini menjadikan nilai kandungan isotop Cs-137 digunakan sebagai parameter dalam perhitungan *burn-up*, yang selanjutnya sebagai data masukan dalam pengembangan dan perbaikan kualitas bahan bakar nuklir.

Dalam penelitian ini dilakukan penentuan kuantisasi ketidakpastian pengukuran isotop Cs-137 dalam larutan BBN U_3Si_2-Al TMU 2,96 g/cm³ pasca iradiasi untuk mendapatkan metode analisis Cs-137 yang valid sesuai dengan persyaratan standar analisis yang berlaku. Metode analisis Cs-137 dilakukan dengan mengacu metode standar ASTM E320-79 dan ketelusuran pengukuran menggunakan standar Cs-137 CRM.³ Proses penentuan ketidakpastian pengukuran mencakup identifikasi sumber ketidakpastian, kuantifikasi ketidakpastian individu, perhitungan gabungan ketidakpastian, dan ketidakpastian diperluas.

METODE

Bahan penelitian berupa pelat elemen bakar (PEB) nuklir U_3Si_2-Al TMU 2,96 g/cm³ pasca iradiasi dengan dimensi $3 \times 3 \times 1,37$ mm dan berat 0,032 g. Untuk mampu telusur digunakan bahan standar larutan Cs-137 CRM No. 4233C sebanyak 50 μ L.

Prosedur analisis yang digunakan berdasarkan metode ASTM E320-79 menggunakan metode pengendapan $CsClO_4$ untuk memisahkan isotop Cs-137 dari isotop lainnya. Sampel (dalam *hot cell* 109) dengan dimensi $3 \times 3 \times 1,37$ mm ditimbang kemudian dilarutkan dengan larutan HNO_3 dan disaring, dan kemudian diencerkan sampai volume 25 mL dalam labu ukur. Selanjutnya larutan sampel diambil 1 mL (dengan cara ditimbang) sebanyak dua kali, lalu dimasukkan ke dalam *vial*. Kemudian ditransfer ke R.135 melalui *Hot Cell* 112. Larutan sampel selanjutnya dipindahkan ke tabung reaksi yang telah ditimbang, lalu dilakukan proses pengendapan menggunakan penambahan serbuk $CsNO_3$ sebanyak 100 g dan didinginkan pada suhu 0 °C selama 1 jam. Selanjutnya endapan $CsClO_4$ ditimbang dan dicacah menggunakan alat spektrometer gamma untuk ditentukan aktivitas. Perhitungan aktivitas menggunakan nilai efisiensi detektor yang diperoleh dari pengukuran larutan standar Cs-137 CRM dengan metode duplo.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan kandungan isotop Cs-137 dalam sampel dilakukan dengan menggunakan persamaan

$$W = A \times T_{1/2} \times BA / (0,693 \times 6,02 \times 10^{23}) \text{ g} \quad (1)$$

dengan

- W = berat kadungan isotop Cs-137 (g)
- A = Aktivitas sampel (Bq/g)
- BA = Berat atom Cs-137
- $T_{1/2}$ = Waktu paruh (30,17 \pm 0,2) tahun

Besar aktivitas sampel dihitung dengan menggunakan persamaan.⁴

$$A(\text{dps}) = Cps / (\xi_{\text{det}} \cdot \gamma) \quad (2)$$

dengan

- Cps = Cacahan per detik
- ξ_{det} = Efisiensi detektor
- γ = *yield* (dari tabel nuklida $\gamma = 0,85$)

Dalam penentuan aktivitas isotop Cs-137 dalam sampel maka terlebih dahulu dilakukan perhitungan efisiensi detektor menggunakan persamaan di atas. Nilai efisiensi detektor dihitung dengan mencacah larutan standar Cs-137 CRM sebanyak 50 μ L (duplo) dan nilai aktivitas larutan standar saat pengukuran (A_1).

Nilai A_1 diperoleh dengan menggunakan persamaan

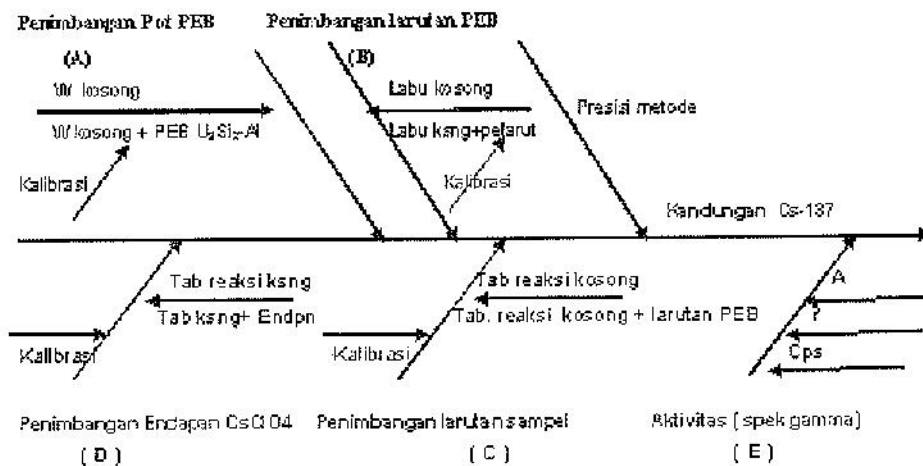
$$A_1 = A_0 e^{-0,693 / T_{1/2}} \quad (3)$$

dengan

- A_1 = Aktivitas larutan standar saat pengukuran
- A_0 = Aktivitas larutan standar sesuai sertifikat⁴
- t = Selisih waktu sertifikat dan saat pengukuran (1,1 E+4 hari)
- $T_{1/2}$ = Waktu paruh 30,17 \pm 0,2 tahun

Berdasarkan nilai aktivitas (A_1), nilai cacah standar dan nilai *yield* (dari tabel radionuklida) maka dapat diperoleh nilai efisiensi detektor yaitu sebesar (0,013 \pm 0,0042)%. Berdasarkan data ini maka dapat dihitung besar aktivitas dan kadungan Cs-137 dalam sampel masing-masing sebesar 3829,03 Bq/ml dan dengan jumlah Cs-137 sebesar 1,1957 μ g/mL. Untuk menghitung nilai ketidakpastian secara kuantitatif dari ke dua nilai tersebut maka terlebih dahulu dibuat identifikasi ketidakpastian dalam bentuk *Cause and Effect/Fish Bond*.

Berdasarkan prosedur analisis di atas dapat dibuat *Cause and Effect Diagram/Fish Bond* seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Cause and Effect Diagram/Fish Bone Penentuan Cs-137

Komponen yang berkontribusi pada nilai ketidakpastian gabungan ditunjukkan pada Tabel 1. Ketidakpastian dan data simpangan baku serta

Tabel 1. Komponen-Komponen Ketidakpastian dengan Satuan Yang Sama

Asal (1)	Nilai x (2)	Satuan (3)	$\mu(x)$ (4)	$\mu(x)/x$ (5)	$(\mu(x)/x)^2$ (6)
Penimbangan PEB U_3Si_2Al	32	mg	0,051	1,5937E-03	2,53981E-06
Penimbangan larutan 25 ml	26,4174	g	0,051	1,9305E-03	3,7269E-06
Penimbangan 1 ml Larutan PEB U_3Si_2Al	1,0743	mg	0,051	0,0474	2,2535E-04
Penimbangan endapan $CsClO_4$	2,9765	mg	0,051	0,0443	2,9350E-04
Pencacahan:					
Aktivitas saat t	23368,8	Bq/g	230,5		
Umur paruh Cs-137	30,17	Thn	0,5874	0,01958	3,833E-04
Cacah standar	10,51	cps	0,0326	0,003102	9,6198E-06
Efisiensi detektor	0,1324	%	1,4741E-05	3,5808E-5	1,2822E-09
Cacah sampel	4,42	cps	0,0253	5,2036E-03	2,7077E-05
Presisi metode			9,9757E-03		9,951E-05

Dari nilai-nilai di atas dilakukan perhitungan ketidakpastian gabungan dengan cara menjumlahkan simpangan baku dengan satuan sama pada kolom (6) Tabel 1.

$$\mu_{gab/w} = \sqrt{(2,53981E-06 + 3,7269E-06 + 2,2535E-04 + 2,9350E-04 + 3,833E-04 + 1,2822E-09 + 2,7077E-05 + 9,951E-05)}$$

dan diperoleh nilai 0,00103 untuk $\mu_{gab/w}$ dan nilai μ_{gab} menjadi 1,23E-3. Nilai ketidakpastian diperluas diperoleh dengan cara mengalikan ketidakpastian gabungan dengan faktor kecakupan. Untuk tingkat kepercayaan 95% digunakan faktor kecakupan $k = 2$, sehingga μ diperluas diperoleh 2,463E-3. Data hasil analisis yaitu jumlah kandungan $1,1957 \pm 2,463E-3 \mu\text{g/ml}$ dan aktivitas isotop Cs-137 menjadi $3829,03 \pm 256,57 \text{ Bq/ml}$, dengan sampel pada tingkat kepercayaan 95%.

KESIMPULAN

Nilai ketidakpastian dari analisis isotop Cs-137 dalam larutan PEB pasca iradiasi diperoleh sebesar $2,463E-3 \mu\text{g/mL}$ sehingga nilai jumlah kandungan $1,1957 \pm 2,463E-3 \mu\text{g/mL}$ dan aktivitas isotop Cs-137 menjadi $3829,03 \pm 256,57 \text{ Bq/mL}$ dengan sampel pada tingkat kepercayaan 95%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada semua pihak di Bidang Pengembangan Radiometalurgi (BPR)-PTBN yang telah membantu dalam penyelesaian makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Lubis A.I. Uncertainty Assessment of Alpha Spectrometry Analysis Of ^{210}Pb in Marine Sediment from Jakarta Bay, Publish 12 March 2008
- Amini S. Nilai Mutlak Fraksi Bakar Uranium dan Isotop Cs Pada Lokasi Tertentu Pelat Elemen Bakar Dispersi Tipe Oksida RIE01, Hasil Pasca Iradiasi, Laporan Teknis P2TBDU-BATAN 2001
- American Standard Test Methode, ASTM E320-79, "Standard Test Methode for Cesium -137 in Nuclear Fuel Solutions by Radiochemical Analysis", USA, Vol 12, 1990
- Susetyo W. Spektrometri Gamma, Gadjah Mada University Press, 1988