

UJI FUNGSI SISTEM RABBIT MENGGUNAKAN STANDARD REFERENCE MATERIAL (SRM) UNTUK UNSUR-UNSUR DENGAN WAKTU PARUH PENDEK DENGAN METODE AAN

Elisabeth Ratnawati, Sunarko, Saleh Hartaman

ABSTRAK

UJI FUNGSI SISTEM RABBIT MENGGUNAKAN STANDAR REFERENCE MATERIAL (SRM) UNTUK UNSUR-UNSUR DENGAN WAKTU PARUH PENDEK DENGAN METODE AAN. Telah dilakukan uji fungsi fasilitas iradiasi sistem rabbit dengan menggunakan bahan acuan standar (SRM) untuk unsur-unsur dengan waktu paruh pendek. Aktivasi bahan acuan dilakukan pada keempat posisi fasilitas sistem rabbit, yaitu RS1, RS2, RS3 dan RS4, dengan tiga kali pengulangan. Kriteria penerimaan tingkat akurasi didasarkan atas selisih antara nilai target dengan nilai analisis yang mempunyai nilai lebih kecil dari nilai ketidakpastiannya. Sedangkan kriteria presisi adalah apabila nilai ketidakpastian dari hasil analisis lebih besar dari nilai ketidakpastian dari target. Hasil pengujian akurasi diperoleh bahwa untuk unsur Al pada keempat posisi tersebut tidak memenuhi syarat (ditolak). Tetapi untuk uji presisi dinyatakan lolos (diterima). Sedangkan untuk unsur Ti dan Mn pada keempat posisi iradiasi tersebut telah dinyatakan lolos uji presisi maupun akurasi. Hal ini tidak disebabkan oleh karena perbedaan posisi iradiasi maupun kemampuan fasilitas sistem rabbit dalam mengaktivasi bahan cuplikan. Tetapi disebabkan oleh pengaruh waktu cacah antara cuplikan dan standar serta waktu paruh nuklida itu sendiri, yang menyumbangkan kesalahan cukup besar dalam perhitungan.

Kata kunci : Bahan acuan standar, akurasi, presisi

ABSTRACT

THE FUNCTION TEST OF RABBIT SYSTEM APPLY STANDARD REFERENCE MATERIAL (SRM) FOR ELEMENTS WITH SHORT HALF-LIFE WITH AAN METHOD. The irradiation facility function test of rabbit system has been done using standard reference material (SRM) for elements short half-life. Reference material activation is done at four positions of rabbit system facilities, including RS1, RS2, RS3 and RS4, by three times. Accuration test will be accepted if the difference between the target value and the analysis value is less than uncertainty value. In contrast precision test will be accepted if uncertainty value of the analysis is more than uncertainty value of the target. Examination of accuration shown that Al element has been refused for all positions. While precision test revealed that all position have been accepted. In contrast, accuration and precision test for Ti and Mn element have been accepted for all positions. In fact the differences of irradiation positions as well as the performance of rabbit system did not effect the examination. It is recognized that counting time between sample and standard and half life of nuclides contributed to a major inaccuracy of calculation.

Keywords: standard material reference, accurations, precision

PENDAHULUAN

Salah satu fasilitas iradiasi yang dimiliki Reaktor Serba Guna GA Siwabessy (RSG-GAS) ialah fasilitas iradiasi sistem rabbit. Fasilitas ini digunakan untuk iradiasi bahan di dalam reaktor. Sistem rabbit terdiri dari 4 posisi dengan kecepatan normal (sistem hidrolik) dan 1 posisi dengan kecepatan tinggi (sistem pneumatik). Pada analisis/pengujian bahan dengan akitivasi neutron yang mana aktivasi ini dilakukan di fasilitas sistem rabbit reaktor, maka kinerja sistem ini sangat menentukan, apakah hasil analisis yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan.

Untuk mendapatkan hasil pengujian yang akurat dan memiliki reproduibilitas tinggi, maka perlu di analisis hubungan antara kemampuan fasilitas iradiasi sistem rabbit dengan hasil pengujian yang diperoleh. Penelitian ini akan dilakukan dengan cara menguji bahan acuan standar (SRM) yang dikeluarkan oleh NIST, sebagai dasar untuk mengetahui kinerja fasilitas iradiasi yang ada di RSG-GAS. Sistem rabbit hidrolik yang akan digunakan pada proses iradiasi bahan yaitu Sistem Rabbit (RS-1), RS-2, RS-3 dan RS-4. Hasil uji presisi dan akurasi tiap unsur pada tiap lokasi di fasilitas iradiasi sistem rabbit akan dievaluasi apakah

penentuan unsur dengan waktu paruh pendek dapat dilakukan dengan baik pada fasilitas ini.

DASAR TEORI

Fasilitas iradiasi

Fasilitas-fasilitas iradiasi yang ada di RSG-GAS ditinjau dari posisinya dapat dibagi menjadi tiga yaitu: fasilitas yang terletak di dalam teras reaktor, fasilitas yang terletak di berilium dan fasilitas yang terletak di luar teras reaktor. Fasilitas yang terletak di dalam teras reaktor digunakan untuk produksi radioisotop, dan penelitian elemen bakar reaktor daya yang mempunyai fluks neutron tinggi. Fasilitas iradiasi yang terletak di berilium digunakan untuk produksi radioisotop dan penelitian aktivasi neutron. Fasilitas yang terletak di luar teras reaktor digunakan untuk silikon doping, neutron radiografi dan penyediaan tabung berkas neutron.

Rabbit Sistem

Rabbit Sistem adalah salah satu fasilitas iradiasi untuk melakukan penelitian aktivasi neutron dan produksi radioisotop. Ada dua jenis sistem rabbit yaitu hidrolik dan pneumatik. Media pengangkut kapsul iradiasi pada sistem rabbit hidrolik adalah air sedangkan media pengangkut pada sistem rabbit pneumatik adalah gas nitrogen. Disamping sebagai media pengangkut, air dan gas ini berfungsi sebagai pendingin kapsul selama iradiasi berlangsung

Sistem rabbit pada dasarnya terdiri atas:

- stasiun iradiasi
- tabung/pipa
- stasiun pengiriman dan penerimaan
- sistem proses
- elektroteknik, instrumentasi dan sistem control

Tabel 1. Rancangan dasar sistem rabbit⁽¹⁾

Deskripsi	Sistem rabbit hidrolik	Sistem rabbit pneumatik
Jumlah	4	1
Ukuran pipa transfer	Diameter dalam 36 mm	Diameter dalam 20 mm
Media pengangkut dan pendingin	air	Gas nitrogen
Material pipa transfer	Dalam kolam AlMg ₃ , luar kolam stainless steel	Dalam kolam AlMg ₃ , luar kolam stainless steel
Tekanan operasi	Tekanan sekeliling	1,5 bar
Kecepatan transfer	0,6 m/dt	10 m/dt
Material rabbit	Plastik, aluminium	plastik
Lama iradiasi minimum	0,2 dt	0,2 dt
Kecepatan pendingin sekeliling kapsul	Minimum 0,6 m/dt	Minimum 35 m/dt
Bahan diiradiasi	- Kimia anorganik (KCl, KBr, dll) - Kimia organik (glikogen, polystyrene, dll) - Eksperimen physic (Gd+Eu, dll) - Biofisik (tiroid, Iodin, dll) - Kelautan (Mn, kerang, dll) - Teknologi semikonduktor (Ge, Si, dll) - Material fisik (Co, Ni, Cd, dll) - Makanan	Aluminium Tembaga Perak Vanadium Chromium Samarium Gadolinium Cobalt Tallium
Ukuran sampel	Diameter 25 mm Panjang 96 mm	Bola s.d diameter 2 mm
Berat sampel	Maksimum 70 g	0,01 – 0,05 g
Ukuran kapsul	Diameter luar 33 mm Panjang 96 mm	Diameter luar 18 mm Panjang 46 mm
Berat sampel dan kapsul	Maksimum 100 g	Maksimum 10 g
Panas spesifik	15 W/g	5 W/g

Bahan acuan standar

Bahan acuan standar atau bahan acuan bersertifikat adalah suatu bahan acuan/pembanding yang satu atau lebih sifat-sifatnya diberi sertifikat

dengan prosedur teknis yang baku, disertai dokumen lengkap sehingga dapat ditelusuri ke sertifikat atau dokumen lain yang diterbitkan oleh suatu badan sertifikasi. Bahan pembanding yang tepat akan

menjamin keabsahan hasil pengujian, sebaliknya penggunaan bahan pembanding yang tidak sesuai akan menyebabkan penyimpangan dari hasil pengujian yang sesungguhnya. Untuk ketelitian hasil uji, maka bahan pembanding yang akan digunakan harus memiliki komposisi matriks yang serupa dengan contoh uji yang akan dihadapi.

Aktivasi dan Persamaan Peluruhan

Dalam Analisis Aktivasi Neutron, kecepatan cacah (A) dari peluruhan sinar gamma yang dipancarkan oleh radionuklida pada saat pengukuran tergantung pada kecepatan disintegrasi (D), pada akhir iradiasi, yang proporsional dengan jumlah unsur target dalam cuplikan. Rumus dasar dalam AAN untuk aktivasi dan peluruhan radionuklida dengan waktu paruh $t_{1/2}$ adalah sebagai berikut:

$$A = N \lambda (1 - e^{-\lambda T}) e^{-\lambda T_d} \dots (1)$$

$$A = N \lambda F e^{-\lambda T_d} \dots (2)$$

Dimana :

- N = bilangan Avogadro, $6,023 \times 10^{23}$ atom/mol
- W = berat unsur diiradiasi dalam gram
- F = *abundance* dari isotop target
- M = berat atom unsur

$$\dots (3)$$

2. Presisi (tergantung pada tingkat konsentrasi) hasil pengujian, baik(lolos) apabila :

$$\sqrt{\left(\frac{U_{target}}{Nilai_{target}}\right)^2 + \left(\frac{U_{analisis}}{Nilai_{analisis}}\right)^2} \times 100\% \leq \sqrt{\left(\frac{U_{target}}{Nilai_{target}}\right)^2 + (\sigma_H)^2} \times 100\% \dots (4)$$

Dimana:

- U : Uncertainty/ketidapastian
- N : Hasil Analisis kuantitatif
- σ_H : Tetapan Horwitz

PELAKSANAAN PENELITIAN

Preparasi Sampel

Pada kegiatan ini digunakan bahan acuan standar NIST 1633b *Coal Fly Ash*. Sampel ditimbang dalam vial poliethylen bersih dengan berat berkisar antara 30 – 40 mg. Dibuat sebanyak tiga replikat untuk dipakai sebagai sampel dan satu untuk bahan pembanding. Kemudian dilakukan pengkapsulan sampel dan standar dengan kapsul iradiasi yang terbuat dari polyethylene.

Iradiasi

Iradiasi dilakukan dalam fasilitas sistim rabbit RSG-GAS selama 1 menit. Kemudian didinginkan selama 1 sampai 3 menit sebelum dilakukan pencacahan.

Pencacahan

Pencacahan sampel pasca iradiasi yang telah didinginkan dilakukan dengan detektor resolusi

- R = kecepatan reaksi nuklir per-inti isotop target
- λ = konstanta peluruhan ($\ln 2/t_{1/2}$) radionuklida
- T = *branching ratio* dari sinar gamma yang teridentifikasi
- ϵ = efisiensi detektor
- Ti = lama iradiasi
- Td = lama peluruhan

Pada reaksi dengan neutron, pembentukan produk tergantung pada besar fluks neutron. Semakin besar fluks neutron, maka semakin besar kecepatan aktivasi, yang juga sebanding dengan jumlah inti yang teraktivasi dalam target. Jumlah inti dalam target ini tergantung pada *isotopic abundance* dari isotop yang diamati. Sedangkan bilangan Avogadro menyatakan jumlah total atom didalam tiap unsur dengan berat atom tertentu.

Kriteria penerimaan

Kriteria penerimaan untuk pengujian tingkat akurasi dan presisi metode digunakan persamaan berikut :

- 1. Akurasi hasil pengujian baik(lolos) apabila memenuhi persamaan berikut:

tinggi (HpGe), dengan lama pencacahan sekitar 10 - 150 menit.

Analisis Data

Dari hasil pencacahan dilakukan analisis kualitatif dan kuantitatif. Nilai hasil analisis kemudian dibandingkan terhadap nilai sertifikat dari masing-masing bahan, untuk diuji nilai akurasi dan presisinya. Dari hasil pengujian tersebut dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan kinerja fasilitas sistem iradiasi yang digunakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran analisis kuantitatif terhadap bahan acuan SRM 1633b *Coal Fly Ash* dapat dilihat pada tabel 1, dan uji akurasi serta presisi pada tabel 2 dibawah ini. Dari ke empat posisi iradiasi yaitu RS-1 sampai dengan RS-4 diperoleh unsur yang memiliki waktu paruh pendek yaitu Ti, Al, dan Mn.

Perhitungan kuantitatif dengan metode analisis aktivasi neutron dipengaruhi oleh waktu cacah antara cuplikan dan standar serta waktu paruh nuklida itu sendiri. Untuk nuklida dengan waktu paruh medium dan panjang, hal ini tidak banyak berpengaruh terhadap hasil akhir. Akan tetapi untuk

nuklida dengan waktu paruh pendek, kondisi ini amat besar pengaruhnya. Misalnya unsur Al yang memiliki waktu paruh 2,24 menit bila dicacah dengan waktu 3 menit, berarti unsur tersebut telah mengalami lebih dari satu kali peluruhan, sehingga pada menit pertama pencacahan akan menghasilkan aktivitas yang jauh berbeda dengan pencacahan pada menit yang ketiga. Dengan demikian tingkat akurasi untuk pengukuran secara kuantitatif pada nuklida tersebut amat rendah. Hal ini tidak dapat dikatakan bahwa kondisi aktivasi pada fasilitas iradiasi tersebut tidak optimal, tetapi karena adanya kendala yang berhubungan dengan waktu paruh nuklida tersebut. Demikian juga pada saat pendinginan (*cooling*), waktu yang diperlukan untuk pendinginan

telah melebihi waktu paruh nuklida tersebut. Untuk nuklida dengan waktu paruh pendek, hal ini amat berpengaruh pada hasil pencacahan dan dengan demikian akan menyumbang kesalahan pada hasil analisis itu sendiri. Tetapi untuk uji presisi, Al dinyatakan lolos (diterima) untuk keempat posisi sistim rabbit. Sedangkan untuk unsur Ti dan Mn, baik uji akurasi maupun presisi di empat posisi radiasi dinyatakan lolos (diterima). Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan posisi iradiasi tidak berpengaruh terhadap hasil analisis. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa fasilitas iradiasi sistim rabbit berfungsi dengan baik untuk iradiasi cuplikan dengan waktu paruh pendek.

Tabel 1: Hasil analisis dan nilai sertifikat SRM 1633b

Posisi	Unsur	Nilai Sertifikat		Hasil Analisis		
		Nilai (mg/kg)	Ketidak Pastian (±)	Nilai (mg/kg)	Ketidak Pastian (±)	Ketidak Pastian (%)
RS1	Ti	7.910	140	7.255,11	457,88	6,31
	Al	150.500	2.700	179.671,15	1.477,99	0,82
	Mn	131,8	1,7	135,55	4,96	3,66
RS2	Ti	7.910	140	7.546,68	545,48	7,23
	Al	150.500	2.700	177.637,93	1.798,706	1,01
	Mn	131,8	1,7	130,65	3,56	2,72
RS3	Ti	7.910	140	7.400	245,83	3,23
	Al	150.500	2.700	45.279,87	459,83	1,02
	Mn	131,8	1,7	129,53	6,66	5,14
RS4	Ti	7.910	140	8.843,77	696,26	7,87
	Al	150.500	2.700	170.009,58	2.537,38	1,49
	Mn	131,8	1,7	126,33	4,72	3,73

Tabel 2: Akurasi dan Presisi

Posisi	unsu r	Kriteria akurasi			Kriteria presisi			Status akhir
		$ N_r - N_a $	$\frac{1,95 \times \sqrt{U_r^2 + U_a^2}}{\sqrt{U_r^2 + U_a^2}}$	Status	$\sqrt{\left(\frac{U_r}{N_r}\right)^2 + \left(\frac{U_a}{N_a}\right)^2} \times 100\%$	$\sqrt{\left(\frac{U_r}{N_r}\right)^2 + (\sigma_H)^2} \times 100\%$	Status	
RS1	Ti	654,89	933,67	Diterima	6,55	13,30	Diterima	Diterima
	Al	29171,15	6002,22	Ditolak	1,97	13,40	Diterima	Ditolak
	Mn	3,75	10,23	Diterima	3,88	11,36	Diterima	Diterima
RS2	Ti	363,32	1096,35	Diterima	7,44	13,30	Diterima	Diterima
	Al	27.137,9	6326,34	Ditolak	2,06	13,40	Diterima	Ditolak
	Mn	1,15	7,69	Diterima	3,01	6,62	Diterima	Diterima
RS3	Ti	510	551,66	Diterima	3,76	13,30	Diterima	Diterima
	Al	102.220,	5.340,81	Ditolak	2,06	13,40	Diterima	Ditolak
	Mn	12 2,27	13,40	Diterima	5,30	6,62	Diterima	Diterima
RS4	Ti	933,78	1.384,89	Diterima	8,07	13,30	Diterima	Diterima
	Al	19509,58	7.225,09	Ditolak	2,33	13,40	Diterima	Ditolak
	Mn	5,47	9,78	Diterima	3,93	6,62	Diterima	Diterima

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian untuk mengetahui uji fungsi fasilitas iradiasi sistem rabbit yang ada di RSG-GAS dapat disimpulkan bahwa, fasilitas ini berfungsi dengan baik untuk iradiasi cuplikan dengan waktu paruh pendek. Rendahnya tingkat akurasi pada unsur Al yang diperoleh tidak disebabkan oleh karena perbedaan posisi iradiasi maupun kemampuan fasilitas sistem rabbit dalam mengaktivasi bahan cuplikan. Tetapi disebabkan oleh pengaruh waktu cacah antara cuplikan dan standar serta waktu paruh nuklida itu sendiri, yang menyumbangkan kesalahan cukup besar dalam perhitungan.

DAFTAR PUSTAKA

1. ANONIMOUS, "Safety Analisis Report" Vol 1, rev.8 MPR G.A Siwabessy, BATAN.
2. IAEA-TECDOC-564, "Practical Aspects of Operating a Neutron Activation Analysis Laboratory", a technical document issued by the IAEA, Vienna 1990.
3. SUSAN J. P, "Activation Spectrometry in Chemical Analysis" Vol.119, John Wiley & Sons, 1991
4. IAEA. *Summary Report of the Proficiency Test for the IAEA Project RAS/2/010: Quality Assurance and Quality Control of Nuclear Analytical Techniques*, Seiberdorf, 03 January, 2003.
5. NIST, "Certificate of Analysis Standard Reference Material 1633b *Constituent Elements in Coal Fly Ash* ", Gaithersburg, MD 20899, Certificate Issue date Juni 22, 1993