

ANALISIS URANIUM DAN THORIUM DALAM SEDIMEN LAUT DAN SUNGAI DI SEKITAR CALON TAPAK PLTN LEMAHABANG

Rosidi, Sukirno
P3TM BATAN Yogyakarta

ABSTRAK

ANALISIS URANIUM DAN THORIUM DALAM SEDIMEN LAUT DAN SUNGAI DI SEKITAR CALON TAPAK PLTN LEMAHABANG. Penentuan uranium dan thorium telah dilakukan dengan metoda analisis aktivasi neutron (AAN) dalam cuplikan sedimen laut dan sungai. Cuplikan diiradiasi selama 12 jam menggunakan neutron termal dengan fluks neutron $0,58 \times 10^{11} \text{ n.cm}^{-2}\text{der}^{-1}$ fasilitas Lazy Susan di reaktor riset Kartini. Uranium dan Thorium kemudian ditentukan berdasarkan reaksi $^{238}\text{U}(n,\gamma)^{239}\text{Np}$ dan $^{232}\text{Th}(n,\gamma)^{233}\text{Pa}$. Uranium diidentifikasi melalui tenaga puncak 228,2 keV dari ^{239}Np dan Th melalui tenaga puncak 312 dan 300 keV dari ^{233}Pa . Presisi dan akurasi diukur menggunakan cuplikan uji kualitas sedimen sungai SRM-1645 dan pasir monasit NBL 110-A. Metoda ini memberikan harga presisi (9-17) % dan akurasi relatif (6-12) % untuk kandungan thorium (1,162-10,4) mg/kg dan kandungan uranium (0,414-1,24) mg/kg. Hasil konsentrasi U dan Th dalam sedimen sungai dan laut masing masing (0,224- 2,703) mg/kg dan (0,694- 3,212) mg/kg.

ABSTRACT

ANALYSIS OF URANIUM AND THORIUM IN SEDIMENT OF THE CANDIDATE SITE FOR NUCLEAR POWER PLANT IN LEMAHABANG REGION. The determination of uranium (U) and thorium (Th) has been done using neutron activation analysis (NAA) in sea and river sediment samples. Samples were irradiated for 12 hours using thermal neutron with neutron flux of $0.58 \times 10^{11} \text{ n.cm}^{-2}\text{sec}^{-1}$ at Lazy Susan facility in the research reactor of Kartini. Uranium and Thorium was determined as $^{238}\text{U}(n,\gamma)^{239}\text{Np}$ and $^{232}\text{Th}(n,\gamma)^{233}\text{Pa}$. Uranium was identified from peak energy 228.2 keV of ^{239}Np and Th from the peak energy 312 and 300 keV of ^{233}Pa . The precision and accuracy of the measurement were checked using standards reference material river sediment SRM-1645 and standards reference monazite sand NBL 110-A. This method gave precision ((9-17) %) and relative accuracy (6-12) % for thorium contents of (1.162-10.4) mg/kg and uranium of (0.414-1.24) mg/kg. The analysis result of U and the concentration river and sea sediment found were (0.224-2.703) mg/kg and (0.694-3.212) mg/kg.

PENDAHULUAN

Di dalam kerak bumi terdapat unsur alamiah primordial yaitu jenis radioaktif alam yang sudah terbentuk semenjak terbentuknya planet bumi ini. Unsur-unsur radioaktif yang termasuk kedalam jenis ini adalah U-238, U-235, Th-232 bersama anak luruhnya (dikenal juga dengan deret uranium dan thorium) dan K-40. Dalam peluruhan deret uranium dan thorium akan menghasilkan berbagai macam anak luruh dengan umur paro dari orde detik sampai ribuan tahun.

Uranium alam adalah campuran ^{238}U (~99,3%), ^{235}U (~0,7%) dan ^{234}U (~0,006%), semua uranium ini dalam bentuk radioaktif.

^{238}U adalah permulaan deret uranium dan ^{235}U adalah awal deret actinium. Isotop uranium alam mempunyai waktu paro sangat panjang ($4,5 \times 10^9$ tahun untuk ^{238}U , $7,1 \times 10^8$ tahun untuk ^{235}U dan $2,5 \times 10^5$ tahun untuk ^{234}U)⁽¹⁾.

Thorium-232 yang mempunyai waktu paro $1,39 \times 10^{10}$ tahun adalah unsur awal dari deret peluruhan yang berakhir pada Pb-208. Deret ini analog dengan U-238 tetapi umur paronya lebih pendek kecuali Ra-228 (6,5 tahun) dan Th-228 (1,94 tahun). Unsur thorium adalah bahan metal yang banyak digunakan baik dalam bidang nuklir maupun dalam bidang non nuklir. Dalam industri non nuklir dapat ditemukan

dalam bentuk keramik, gelas optik, lampu kaos, elektroda tungsten dan berbagai macam logam alloy⁽¹⁾.

Perkembangan industri di Indonesia khususnya di daerah pantai utara pulau Jawa yaitu daerah Semarang dan Gresik sudah semakin pesat. Rencana pemerintah yang akan direalisasi dalam waktu dekat beroperasinya industri Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Tanjung Jati B di Tuban pada tahun 2005 dan rencana lokasi pembangunan Pusat Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) telah dilakukan studi tapak dan studi lingkungan pada tahun 1991 – 1996 oleh konsultan NEWJEC⁽²⁾ dari Jepang. Dengan perkembangan industri tersebut tidak menutup kemungkinan terjadinya polusi terhadap lingkungan khususnya polusi zat radioaktif dan nonradioaktif. Maka perlu sedini mungkin diamati kualitas lingkungan pada waktu sekarang dan akan datang, terutama analisis atau pemantauan uranium dan thorium alam di sekitar daerah tersebut.

Analisis aktivasi neutron (AAN) adalah suatu metoda analisis unsur-unsur dalam suatu bahan cuplikan yang pengukurannya berdasarkan reaksi karakteristik dari radionuklida buatan dari unsur-unsur stabil. Prinsip dasar teknik AAN ini adalah apabila suatu bahan cuplikan yang terdiri dari berbagai unsur terjadi reaksi penangkapan neutron oleh inti unsur-unsur tersebut. Bahan cuplikan diiradiasi dalam reaktor nuklir menggunakan neutron termal sehingga unsur-unsur yang terdapat dalam bahan cuplikan akan menjadi aktif dan mengeluarkan sinar gamma^(3,4). Pembuatan aktivasi radiasi dipakai sebagai teknik untuk identifikasi kualitatif dan analisis kuantitatif.

Menurut Tojo⁽³⁾ dan Grimanis⁽⁵⁾ salah satu cara analisis unsur dalam suatu cuplikan baik kualitatif maupun kuantitatif adalah menggunakan teknik aktivasi neutron yang saat ini sudah berkembang pesat dan telah diterapkan dalam berbagai jenis penentuan unsur. Sukirno dkk⁽⁶⁾ telah

melakukan analisis multiunsur dalam sedimen dimana dalam sedimen tersebut terdeteksi 26 unsur yang digolongkan dalam unsur kelumit, minor dan mayor. Selain itu teknik ini bersifat instrumental atau tanpa pemisahan radiokimia sehingga tidak memerlukan terlalu banyak tenaga.

Tujuan penelitian ini adalah tersusunnya data rona awal logam uranium dan thorium alam dalam sedimen sungai dan laut di daerah calon tapak PLTN Ujung Lemahabang, yang mengakomodasikan data lingkungan terkini dalam rangka memperoleh izin tapak dan AMDAL PLTN.

TATA KERJA

Alat

Reaktor Nuklir Kartini, seperangkat sepektrometer gamma dengan detektor Ge(Li), timbangan Analitik Ohaus-GT 410, ayakan Karl Colb 100 mesh, agat porselin, Vial polietilen, cawan, dan alat-alat gelas.

Bahan

Bahan kimia $\text{Th}(\text{NO}_3)_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (Merck), $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Merck), NBL 106 Campuran U dan Th dalam pasir monasit dari New Brunswick Laboratory USA, River sediment NBS Kode SRM 1645 dan pasir monasit NBL 110-A, cellulose powder, Sedimen laut dan sungai di sekitar Lemahabang, tempat sedimen basah dan kering yang berlabel.

Cara kerja

Sedimen sungai Balong, Suru, Kancilan, Gelis dan sedimen laut diambil di kawasan rencana lokasi pembangunan PLTN. Sedimen dikeringkan dan dihilangkan dari kotoran kemudian dihaluskan lolos 100 mesh lolos dan dihomogenkan dan ditempatkan dalam wadah yang bebas kontaminasi. Sedimen dalam wadah tersebut telah siap untuk dianalisis kandungan uranium dan thoriumnya dengan metoda analisis aktivasi neutron.

Dibuat cuplikan standar sekunder thorium dari $\text{Th}(\text{NO}_3)_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dan uranium dari $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ yang diencerkan dalam selulosa dengan konsentrasi 1 - 25 mg/kg. Cuplikan ditimbang masing-masing seberat 0,1 g dalam vial. Cuplikan sedimen, standar sekunder dan primer dimasukkan dalam kelongsong iradiasi.

Iradiasi cuplikan dilakukan dalam fasilitas Lazy Susan selama 12 jam dengan fluks neutron $0,58 \times 10^{11} \text{ n.cm}^{-2}\text{det}^{-1}$. Setelah iradiasi dihentikan kemudian didinginkan selama 6 hari dan kemudian dilakukan pencacahan radionuklida Pa-233 dengan puncak tenaga 300 dan 312 keV untuk mengetahui adanya thorium dan Np-239 dengan tenaga puncak 228,2 keV untuk uranium. Pencacahan dilakukan dengan menggunakan spektrometri gamma dengan detektor Ge(Li) selama 1.000 detik.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung aktivitas dan kadar U dan Th dalam sedimen adalah persamaan (1), untuk mengetahui aktivitas cuplikan menuju waktu pada saat iradiasi dihentikan (No). Sedangkan persamaan (2) untuk mengetahui kadar U dan Th dalam sedimen dengan metoda komparatif.

$$\text{No} = \text{Nt} \cdot e^{0,693t/T} \quad (1)$$

$$W_{\text{cuplikan}} = \frac{\text{No}_{\text{cuplikan}}}{\text{No}_{\text{standar}}} \cdot W_{\text{standar}} \quad (2)$$

dengan

W = kadar unsur yang diperhatikan mg/kg

Nt = Laju cacah pada saat pencacahan (sps)

No = Laju cacah pada saat iradiasi dihentikan (cps)

T = waktu paro (detik)

t = waktu tunda (detik)

Untuk menghitung presisi persamaan (3) dan akurasi persamaan (4)

$$\text{Presisi} = \frac{S_C}{K_R} \times 100\% \quad (3)$$

$$\text{Akurasi} = \left| \frac{K_S - K_T}{K_S} \right| \quad (4)$$

dengan

S_B, S_C = Simpangan baku latar & cuplikan

K_R = Kadar rerata cuplikan (mg/kg)

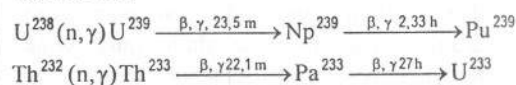
K_S = Kadar unsur sertifikat (mg/kg)

K_T = Kadar unsur terukur (mg/kg)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan secara kualitatif

Penentuan unsur secara kualitatif dilakukan dengan menentukan tenaga dari puncak-puncak spektrum kemudian mencocokkan dengan tabel isotop. Pada Tabel 1 merupakan hasil identifikasi radionuklida secara kualitatif untuk mengetahui uranium dan thorium dengan metoda analisis aktivasi neutron (AAN) dilakukan berdasarkan reaksi aktivasi neutron, seperti di bawah ini:



Pada reaksi aktivasi tersebut U^{238} dan Th^{232} ditentukan dari radionuklida Np^{239} dan Pa^{233} , kedua radionuklida ini merupakan anak luruh dari U^{239} dan Th^{233} . Radionuklida Np^{239} memancarkan sinar gamma pada tenaga 228,2 keV dengan probabilitas 10,72% dan tenaga 277,6 keV dengan probabilitas 14,10% dengan umur paro 2,33 hari sedangkan dan Pa^{233} pada tenaga 300,1 keV dengan probabilitas 5,80% dan 311,8 keV dengan probabilitas 33,70 % dengan umur paro 27,4 hari. Radionuklida Np^{239} dan Pa^{233} , mempunyai lebih dari satu tenaga atau mempunyai multi tenaga gamma⁽⁷⁾.

Tabel 1. Proses (n,γ) dengan memperhatikan hasil nuklida hasil AAN yang diperhatikan

Radio nuklida	Tenaga (keV)	Probabilitas, %	Nuklida hasil
U-238	228,2 ; 277,6	10,72 ; 14,10	Np-239
Th-232	300,1 ; 311,8	5,80 ; 33,70	Pa-233

Penentuan secara kuantitatif

Setelah dipilih radionuklida Np^{239} dan Pa^{233} yang mempunyai probabilitas terbesar secara kualitatif, maka selanjutnya adalah penentuan secara kuantitatif. Analisis

kuantitatif ini dilakukan dengan metoda komparatif radionuklida dalam cuplikan dengan radionuklida yang ada dalam standar sekunder, dengan menggunakan persamaan (2).

Hasil kuantitatif logam berat uranium dan thorium alam yang terdapat dalam sedimen laut maupun sungai disajikan pada Tabel 2, dan dapat dilihat pada lampiran, Gambar 1, histrogram kadar U dan Th terukur berbagai tempat sampling. Pada tabel tersebut terlihat bahwa kadar thorium pada umumnya lebih besar dari pada uranium, di sedimen laut maupun sedimen sungai. Akan tetapi mempunyai kadar yang berbeda walaupun tidak mencolok, uranium dan thorium yang terdeteksi merupakan uranium dan thorium alam yang sejak terbentuknya tanah tersebut sudah ada. Kadar terendah untuk uranium terdapat pada sungai Balong $0,224 \pm 0,056$ mg/kg, sedangkan kadar yang tertinggi terdapat di sungai Balong Muara $2,703 \pm 0,324$ mg/kg. Untuk thorium kadar terendah terdapat pada sungai Kancilan dengan konsentrasi $0,694 \pm 0,27$ mg/kg dan kadar tertinggi terdapat di sungai Balong Muara dengan $3,212 \pm 0,588$ mg/kg.

Pengujian mutu hasil analisis dengan metoda AAN

Presisi (keseksamaan) dan akurasi (ketelitian) sangat perlu dilakukan untuk menguji hasil analisis dari suatu perhitungan pencacahan cuplikan yang telah diiradiasi dengan menggunakan alat spektrometer gamma. Selain itu semua masalah yang masih timbul tersebut dapat dikontrol dengan harga presisi dan harga akurasinya.

Tabel 2. Data hasil pengukuran kadar uranium dan thorium dalam sedimen

Nama Sedimen	Kadar (mg/kg)	
	Uranium	Thorium
Laut Lemahabang	$0,681 \pm 0,144$	$0,754 \pm 0,214$
Sungai Balong	$0,224 \pm 0,056$	$1,309 \pm 0,124$
Balong Muara	$2,703 \pm 0,324$	$3,212 \pm 0,588$
Sungai Suru	$1,076 \pm 5,088$	$1,202 \pm 1,590$
Sungai Kancilan	$0,567 \pm 0,019$	$0,694 \pm 0,272$

Pada dasarnya akurasi hasil analisis diuji dengan memperbandingkan terhadap cuplikan acuan standar (standard reference material, SRM). Dari pengukuran standar sekunder dimasukkan hasil aktivasi standar primer yang telah ditentukan kadarnya. Dengan mengaplikasikan persamaan (2) pada data yang diperoleh untuk standar primer NBL 110A dan SRM 1645 dapat dihasilkan seperti dalam Tabel 3.

Akurasi yang terukur pada Tabel 3, misalnya dalam sertifikat dari sedimen SRM 1645 mempunyai kadar uranium 1,11 mg/kg setelah dilakukan aktivasi neutron kadar yang terukur mempunyai kadar $1,240 \pm 0,131$ mg/kg, dan setelah dimasukkan persamaan (4) didapatkan harga akurasi 9,00%, pengukuran ini dilakukan pengulangan 5 kali. Pada Tabel 3, untuk kadar uranium (0,414 - 1,11) pada standar primer mempunyai akurasi sebesar (9,00 - 11,98) % dan thorium dari kadar (1,62 - 10,40) mg/kg mempunyai akurasi sebesar (6,46 - 9,29) %. Hal ini menunjukkan bahwa metoda analisis untuk menentukan uranium maupun thorium secara kuantitatif mempunyai ketelitian yang relatif baik. Sedang yang diperbolehkan untuk analisis suatu unsur dengan metoda AAN mempunyai akurasi maksimal 15%.

Presisi merupakan keseksamaan dari pengukuran unsur U dan Th setelah perlakuan aktivasi neutron termal dengan menggunakan spektrometer gamma dengan detektor yang digunakan. Hasil presisi disajikan pada Tabel 3, dari perhitungan dengan menggunakan persamaan (3), hasilnya sekitar 10 % sampai dengan 15 %. Hal ini menunjukkan bahwa metoda yang digunakan untuk menentukan U dan Th pada cuplikan sertifikat yang telah diketahui kadarnya tidak jauh berbeda dengan pengukuran dengan menggunakan standar sekunder.

Untuk akurasi dapat dibuat histrogram, ini dapat dilihat pada lampiran Gambar 2, histrogram akurasi (%) berbagai kadar untuk U dan Th dengan kadar yang

uranium dari 0,414 ppm sampai dengan 1,11 ppm dan thorium dari 1,62 ppm sampai dengan 10,40 ppm.

Tabel 3. Data hasil pengukuran kadar terukur dalam sertifikat dari sedimen SRM 1645 dan pasir monasit NBL 110-A untuk menentukan presisi dan akurasi

Kode standar	Unsur	Kadar mg/kg		Presisi, %	Akurasi, %
		Sertifikat	Terukur		
NBL 110A	U	0,414	$0,535 \pm 0,067$	12,52	11,98
	Th	10,40	$11,07 \pm 0,803$	7,253	6,46
SRM 1645	U	1,11	$1,240 \pm 0,131$	10,56	9,00
	Th	1,62	$1,275 \pm 0,207$	16,23	9,29

KESIMPULAN

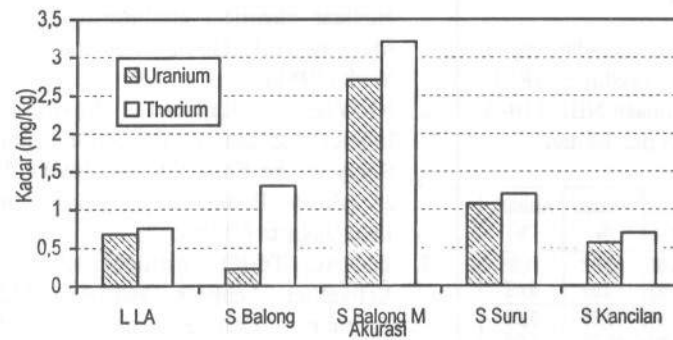
Beberapa hal yang dapat disimpulkan dari hasil pembahasan dan penting untuk diingat adalah sebagai berikut:

1. Dengan menggunakan metoda AAN dapat ditentukan unsur uranium melalui anak luruh U^{239} yaitu Np^{239} dan thorium melalui anak luruh Th^{233} yaitu Pa^{233} yang memancarkan sinar gamma.
2. Analisis U dan Th dengan metoda AAN mempunyai presisi untuk uranium 10,56 % dan akurasi relatif 9,00% untuk kadar 1,11 mg/kg, sedangkan untuk thorium 9,304% dan akurasi relatif 6,460% untuk kadar 10,40 mg/kg.
3. Kadar U dan Th dalam sedimen sungai dan sedimen laut masing masing berkisar antara (0,224 - 2,703) mg/kg dan (0,694 - 3,212) mg/kg.

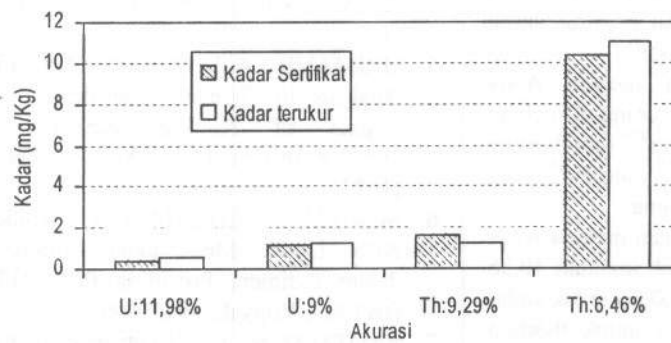
DAFTAR PUSTAKA

1. BENEDICT M, and PIGFORD, T.H., Nuclear chemical engineering. Ed 2nd, McGraw-Hill Book Company, New York (1981).
2. NEWJEC, Laporan Environment Impact Assessment Report, Feasibility Study of the First Nuclear Power Plant at Muria Peninsula Region, central Java, Jakarta (1996).
3. TAKAO TOJO, Instrumental Neutron Activation Analysis, BATAN JAERI Training Course on Radiation Measurement and Nuclear Spectroscopy, Jakarta (1998).
4. KRUGER P., Principles of activation Analysis, Wiley-Interscience, New York, (1971).
5. GRIMANIS, A.P., "Neutron Activation Analysis In Greece", Significance and Impact of Nuclear Research In Developing Countries, IAEA, VIENNA (1987).
6. SUKIRNO, SUDARMADJI, "Aplikasi APN Untuk Menentukan Multiunsur dalam sedimen, Prosiding PPI, P3TM BATAN, Yogyakarta (1999).
7. ERDTMANN, G., Neutron activation tables, New York (1976).
8. IAEA, Measurement of Radionuclides in Food and The Environment, A Guide Book, Tech Rep Ser No 295, IAEA, Vienna (1989).

LAMPIRAN



Gambar 1. Histrogram kadar U dan Th terukur berbagai tempat sampling.



Gambar 2. Histrogram akurasi (%) berbagai kadar untuk U dan Th.