



NS-001

**PENENTUAN KADAR LOGAM BERAT (CR, FE, SR, DAN ZN) DALAM KERANGKA KARANG *PORITES. SP.* DENGAN METODE ANALISIS PENGAKTIFAN NEUTRON**

***DETERMINATION OF CONCENTRATION OF HEAVY METALS (CR, FE, SR, DAN ZN) IN CORAL SKELETON PORITES. SP. USING NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS***

**U. Sugiharto, A. D. P. Putra, D. Shintianata, F. P. Andini, dan A. A. Lubis**

**ABSTRAK**

Telah dilakukan penentuan kadar logam berat Cr, Fe, Sr, dan Zn dalam Kerangka Karang *Porites Sp.* menggunakan Metode Analisis Pengaktifan Neutron (APN). Karang *Porites Sp.* diambil dari lokasi penelitian di Pulau Pari, Kepulauan Seribu, menggunakan alat bor dengan penggerak tabung selam. Diperoleh panjang kerangka karang 40 cm. Sampel dibersihkan dari *tissue* karang menggunakan air Milli-Q dalam bejana ultrasonik. Selanjutnya, dikeringkan dalam oven selama 5 hari pada suhu 60°C. Kemudian digerus di dalam cawan porselin untuk homogenisasi. Penentuan kuantitatif dan kualitas pengukuran digunakan *Certified Reference Material (CRM) Japan coral porites (Jcp)*. Sampel dan CRM masing-masing ditimbang sebanyak 0,2 gr dan ditempatkan dalam vial polyetilen. Selanjutnya, diiradiasi selama 30 menit pada fasilitas rabbit sistem di reaktor G.A. Siwabessy di Pusat Riset Teknologi Reaktor Nuklir, ORTN, BRIN (sebelumnya Pusat Reaktor Serba Guna – BATAN) dengan fluks neutron  $\sim 10^{13}$  n.cm<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>. Setelah dilakukan waktu pendinginan selama 3 minggu, sampel dicacah selama 1 jam menggunakan spektrometer gamma *Multi Channel Analyzer (MCA)* dengan detektor *High Pure Germanium (HPGe)* efisiensi 10%. Karakteristik energi gamma yang digunakan adalah 320,1 keV, 1099,3 keV, 514,1 keV dan 1115,5 keV untuk masing-masing logam Cr, Fe, Sr, dan Zn. Rata-rata konsentrasi logam yang diperoleh dari Pulau Pari adalah Cr = 15,92±1,82 ppm; Fe = 18,47±2,06 ppm; Sr = 4314,62±301,02 ppm; dan Zn = 19,81±2,94 ppm.

**Kata kunci:** Analisis Pengaktifan Neutron, Iradiasi, Kerangka Karang, Logam Berat, *Porites Sp.*

**ABSTRACT**

*The determination of concentration of heavy metals in coral skeleton Porites Sp. has been done using Neutron Activation Analysis (NAA). Coral Porites Sp. was collected from a study site in Pari Island, Kepulauan Seribu using a pneumatic drill powered by scuba air pressure. The length of skeleton was 40*

U. Sugiharto, A. D. P. Putra, D. Shintianata, F. P. Andini, & A. Arman

\*Pusat Riset Teknologi Proses Radiasi BRIN, e-mail: untu007@brin.go.id atau untungs@batan.go.id

@ 2023 Penerbit BRIN

U. Sugiharto, A. D. P. Putra, D. Shintianata, F. P. Andini, dan A. Arman, "Penentuan kadar logam berat (Cr, Fe, Sr, dan Zn) dalam kerangka karang *Porites. Sp.* dengan metode analisis pengaktifan neutron," Dalam *Prosiding Seminar APISORA 2021 "Peran Isotop dan Radiasi untuk Indonesia yang Berdaya Saing,"* T. Wahyono, A. Citrarsmini, D. P. Rahayu, Oktaviani, dan N. Robifahmi, Eds. Jakarta: Penerbit BRIN, November 2023, ch. 7, pp. 75–82, DOI: 10.55981/brin.690.c648, E-ISBN: 978-623-8372-02-7



cm. The tissue was removed from the coral by rinsed in an ultrasonic bath filled with Milli-Q water. The sample was dried in the oven at 60°C for five days. The sample was then pulverized in porcelain pestle for homogenizing. For the determination of quantitative and quality control of the measurement, CRM Jcp was used. Both sample and CRM were weighed 0,2 gr and placed on polyethylene vial. The sample was irradiated for 30 minutes using rabbit system facilities in G.A Siwabessy reactor in Research Center for Nuclear Reactor Technology, Research Organization for Nuclear Energy, neutron flux  $\sim 10^{13} \text{ n.cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . Upon three weeks cooling time, the sample was counted for 1 hour using MCA Gamma Spectrometer connected with HPGe detector, 10% efficiency. Energy characteristic of gamma emitter: 320.1 keV, 1099.3 keV, 514.1 keV, and 1115.5 keV for Cr, Fe, Sr, and Zn, respectively. The average concentration of heavy metals from Pari Island are Cr =  $15.92 \pm 1.82 \text{ ppm}$ ; Fe =  $18.47 \pm 2.06 \text{ ppm}$ ; Sr =  $4314.62 \pm 301.02 \text{ ppm}$ ; and Zn =  $19.81 \pm 2.94 \text{ ppm}$ .

**Keywords:** Neutron Activation Analysis, Irradiation, Skeleton, Heavy Metal, Porites Sp.

## PENDAHULUAN

Teknologi nuklir telah banyak digunakan baik untuk penelitian maupun komersial. Hal ini menarik perhatian dalam kaitannya untuk memajukan ilmu pengetahuan dan teknologi di seluruh penjuru dunia. Di Indonesia sendiri, pemanfaatan teknologi nuklir telah digunakan dalam bidang industri, hidrologi, arkeologi, kedokteran, pertanian, dan lingkungan [1].

Dalam mendukung suatu penelitian, salah satu pemanfaatan teknologi nuklir adalah untuk penentuan kandungan logam berat dalam suatu matrik/sampel, baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Metode yang dapat digunakan, yaitu APN, merupakan metode analisis multielemen/banyak unsur yang diukur secara serentak dengan konsentrasi yang sangat kecil (orde ppb) tanpa merusak sampel itu sendiri dan didapatkan hasilnya dalam waktu yang relatif singkat tergantung dari unturnya [2]. Selanjutnya, metode ini mempunyai sensitivitas tinggi, gangguan matriks relatif kecil dan kemungkinan kontaminasi yang relatif rendah. Sampel diiradiasi dengan sumber neutron yang kuat dalam suatu reaktor nuklir ataupun sumber neutron lain dan pengukurannya pada kondisi radioaktivitas secara spektrometri- $\gamma$  [3]. Reaksi antara neutron termal dan suatu inti sasaran melalui reaksi (n,  $\gamma$ ). Inti sasaran yang terinduksi, akan menjadi aktif dan dalam keadaan tidak stabil. Dalam menuju kestabilan, inti tersebut akan melepaskan energi berlebihnya melalui peluruhan  $\beta^-$  atau  $\beta^+$  yang diikuti pula dengan memancarkan sinar- $\gamma$ . Berdasarkan kondisi tersebut, sinar- $\gamma$  yang dipancarkan akan bersifat karakteristik untuk suatu radionuklida tertentu, dan sifat ini yang nanti akan digunakan untuk mengidentifikasi suatu radionuklida hasil aktivasi secara kualitatif maupun kuantitatif, secara simultan tanpa dipengaruhi oleh sifat-sifat kimia dari sampel [4].

Analisis kuantitatif dari suatu unsur/nuklida pada metode ini dilakukan dengan metode relatif, di mana sampel dan standar diperlakukan sama dalam proses dan tahapan hingga diperoleh konsentrasi dari sampel tersebut [3]. Penentuan kandungan



unsur dalam sampel dihitung dengan membandingkan laju cacah sampel dan standar menurut persamaan berikut.

$$C_{\text{unsur}} = \frac{Cps_{\text{Sampel}}}{Cps_{\text{Standar}}} \cdot \frac{W_{\text{Standar}}}{W_{\text{Sampel}}}$$

Di mana:

$C_{\text{unsur}}$  : Kadar unsur dalam sampel ( $\mu\text{g/g}$ )

$W_{\text{standar}}$  : Bobot unsur dalam standar ( $\mu\text{g}$ )

$W_{\text{sampel}}$  : Bobot unsur dalam sampel (g)

$Cps$  : Laju cacah

Terumbu karang adalah suatu ekosistem yang hidup di daerah tropis dan subtropis di dasar perairan yang dangkal di mana binatang karang (*reef coral*) merupakan komponen utamanya [5]. Senyawa utama pembentuk kerangka karang adalah kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ). Komposisi kimia karbonat air laut pada lautan berubah dengan cepat merespons perubahan  $\text{CO}_2$  di atmosfer memengaruhi pembentukan dan penguraian kalsium karbonat, reaksi biokalsifikasi sementasi yang terekam pada terumbu karang ini dapat digunakan sebagai prediksi keadaan lingkungan yang akurat [6].

Karang adalah salah satu jenis organisme di perairan laut yang dapat menyimpan logam berat di dalam kerangkanya [7]. Mekanisme terkontaminasinya karang oleh logam berat ialah substitusi unsur kalsium oleh logam-logam tertentu yang masuk ke dalam pori-pori karang ataupun melalui makanannya, yaitu zooplankton yang telah terkontaminasi oleh logam berat [8]. Penelitian ini bertujuan untuk penggunaan metode analisis pengaktifan neutron dalam menentukan konsentrasi logam berat dalam sampel kerangka karang.

## METODE PERCOBAAN

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah cuplikan kerangka dari karang *porites*, sedangkan *reference material* yang digunakan untuk analisis kuantitatif, yaitu CRM Jcp, air demin mili-Q dengan resistifitas  $18,2 \text{ m}\Omega/\text{cm}^2$ , vial polietilen, *aluminium foil*, serta bahan umum lainnya.

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah spektrometer gamma MCA dengan detektor HPGe efisiensi 10%, fasilitas rabbit sistem reaktor G.A. Siwabessy



BRIN (sebelumnya G.A. Siwabessy BATAN), bejana ultrasonik, neraca analitik, oven 105°C, desikator vakum, serta peralatan penunjang lainnya.

### Tata Kerja

Karang *Porites* Sp. diambil dari lokasi penelitian di Pulau Pari, Kepulauan Seribu, menggunakan alat bor karang yang terhubung dengan tabung selam. Sampel dibersihkan dari *tissue* karang menggunakan air Milli-Q dalam bejana ultrasonik. Selanjutnya, dikeringkan dalam oven selama 5 hari pada suhu 60°C. Sub sampel diambil pada interval 5 cm sehingga diperoleh 8 sub sampel. Masing-masing sub sampel digerus di dalam cawan porselin untuk homogenisasi.

Sampel kerangka karang kemudian ditimbang 0,20 gr, dimasukkan ke dalam vial polyethylene berukuran 0,3 mL, lalu direkatkan penutupnya menggunakan alat pemanas. Vial polyethylene kemudian dibungkus dengan *aluminium foil*. Preparasi yang sama dilakukan terhadap CRM Jcp.

Sampel kerangka karang beserta standar diiradiasi pada fasilitas rabbit system reaktor G.A. Siwabessy Pusat Riset Teknologi Reaktor Nuklir, ORTN, BRIN, Serpong dengan fluks neutron  $\sim 10^{13} \text{ n.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$  dan daya 15 MW selama 30 menit. Sampel dan standar yang telah diiradiasi kemudian didinginkan kurang lebih 3 minggu untuk mengurangi gangguan dari energi radionuklida yang mempunyai waktu paro pendek, seperti Na. Pencacahan dilakukan selama 1 jam menggunakan spektrometer sinar gamma dengan detektor koaksial HPGe yang memiliki efisiensi 10% dan resolusi 1,89 keV pada energi  $^{60}\text{Co}$  1332 keV. Spektrometer dikalibrasi untuk analisis kualitatif menggunakan sumber standar multi sinar gamma  $^{152}\text{Eu}$ . Sementara itu, analisis kuantitatif dilakukan dengan membandingkan sampel standar CRM Jcp. Sampel dan standar pasca-pencacahan disimpan di tempat penyimpanan sampel pascairadiasi.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Tabel 1, dicantumkan karakteristik unsur-unsur yang dianalisis (dalam bentuk radionuklida), energi gamma, dan waktu paro.

**Tabel 1.** Karakteristik Unsur Yang Dianalisis dengan Metode APN [9].

Unsur	Radionuklida	Energi gamma (keV)	Waktu paro (hari)
Cr	$^{51}\text{Cr}$	320,1	27,7
Fe	$^{59}\text{Fe}$	1099,3	44,5
Sr	$^{85}\text{Sr}$	514,1	64,84
Zn	$^{65}\text{Zn}$	1115,5	224,1

Keberadaan logam-logam di perairan dapat berasal dari berbagai aktivitas, di antaranya dari buangan limbah industri, sedimentasi, dan pertanian. Logam yang masuk ke perairan tersebut terdeposit dalam kerangka karang [9]. Hasil analisis



kandungan logam berat dengan menggunakan metode APN pada sampel kerangka karang dapat dilihat pada Tabel 2. Konsentrasi rata-rata dari logam Cr adalah 15,92 ppm dengan standar deviasi 1,82 ppm. Logam Fe mempunyai rata-rata konsentrasi sebesar 18,48 ppm dan logam Zn sebesar 19,81 ppm. Rata-rata konsentrasi dari 3 logam Cr, Fe, dan Zn tidak jauh berbeda. Sementara itu, logam Sr mempunyai rata-rata konsentrasi yang sangat tinggi, yaitu sebesar 4314,62 ppm, termasuk kategori logam mayor di terumbu karang karena Sr merupakan unsur utama pembentuk karang setelah Ca.

Konsentrasi Cr di masing-masing bagian setiap interval 5 cm menunjukkan nilai yang tidak jauh berbeda satu sama lain. Logam Cr termasuk logam antropogenik yang ditemukan di perairan, berasal dari proses pelapukan mineral yang terbawa oleh aliran sungai dan juga dari udara. Senyawa Cr digunakan untuk pigmen dan pewarna buatan dalam industri tekstil dan juga untuk electroplating krom dan katalis [10].

Logam Zn dan Fe adalah jenis logam yang dibutuhkan oleh makhluk hidup organisme untuk pertumbuhan. Keberadaan Fe dalam lingkungan perairan dan laut berasal dari sedimen suspensi dan debu udara. Sementara itu, Zn utamanya berasal dari aliran *run-off* dan tanah [11]. Logam Fe dan Zn masing-masing menunjukkan fluktuasi yang kecil pada setiap lapisan kerangka karang dalam interval 5 cm.

Sr salah satu unsur pembentuk aragonite ( $\text{CaCO}_3$ ) dan telah banyak digunakan sebagai proksi suhu permukaan laut berdasarkan rasio Sr/Ca [12]. Sr terdapat di kerangka karang karena proses substitusi terhadap Ca [13]. Berdasarkan konsentrasi yang didapatkan dari analisis, terlihat bahwa Sr dominan dibanding logam Cr, Fe, dan Zn. Fluktuasi konsentrasi dari Sr menunjukkan variasi yang tidak jauh berbeda pada setiap interval 5 cm dari kerangka karang.

**Tabel 2.** Hasil analisis kandungan logam berat pada sampel kerangka karang.

Sampel	Cr (ppm)	Fe (ppm)	Sr (ppm)	Zn (ppm)
(0–5) cm	14,08	17,69	4169,21	24,01
(5–10) cm	15,81	15,86	4505,95	21,89
(10–15) cm	18,18	20,05	4202,11	23,22
(15–20) cm	16,12	18,16	4297,93	19,11
(20–25) cm	19,08	20,61	4576,92	18,76
(25–30) cm	14,43	20,07	4343,79	16,42
(30–35) cm	14,59	15,28	4696,47	18,78
(35–40) cm	15,05	20,04	3724,58	16,25
Rata-rata	15,92±1,82	18,47 ±2,06	4314,62 ±301,02	19,81±2,94

Kandungan logam berat dalam sampel kerangka karang *Porites* pada penelitian ini dan hasil dari *Great Barrier Reef*, Australia dan Pantai Jepara, Jawa Tengah, seperti terlihat di Tabel 3. Konsentrasi logam berat yang diperoleh berdasarkan metode APN. Berdasarkan Tabel 3, dapat dilihat bahwa perbandingan hanya logam Fe dan Zn berdasarkan ketersediaan data yang ada. Logam Fe yang diperoleh dari penelitian



ini menunjukkan konsentrasi yang hampir sama dengan yang diperoleh dari *Great Barrier Reef* walaupun spesies nya berbeda. Namun, kondisi dari logam Fe berbeda dengan logam Zn. Hasil dari *Great Barrier Reef* dan Jepara menunjukkan konsentrasi yang tidak jauh berbeda walaupun spesies nya berbeda, akan tetapi keduanya termasuk jenis karang bercabang. Sementara itu, hasil dari Pulau Pari menunjukkan konsentrasi Zn yang sangat tinggi dibanding dengan *Great Barrier Reef* dan Jepara, hal ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan jenis karang di mana karang *Porites* adalah karang masif. Secara umum, perbedaan hasil analisis yang diperoleh dapat juga diakibatkan banyak faktor seperti geografis yang berkaitan dengan sumber polutan yang masuk ke perairan. Faktor lainnya adalah karena perbedaan proses biologi yang memengaruhi proses masuknya logam ke dalam kerangka karang. Sementara itu, faktor lingkungan, antara lain polutan yang berasal dari limbah kegiatan industri dan domestik serta faktor lingkungan lainnya.

**Tabel 3.** Hasil beberapa penelitian tentang logam berat dalam kerangka karang menggunakan teknik APN.

	Crn(ppm)	Fen(ppm)	Sr (ppm)	Zn (ppm)
<i>Acropora tenuis</i> Magnetic Island, Great Barrier Reef, Australia [14]	-	19 ± 6	-	1.8
<i>Acropora tenuis</i> , One Tree Island, Great Barrier Reef, Australia [14]	-	20 ± 3	-	0.3
<i>Pocillopora damicornis</i> , Jepara [15]	-	-	-	0,7 – 3,6
Hasil penelitian ini <i>Porites. Sp</i> , Pulau Pari	15,92 ± 1,82	18,47 ± 2,06	4314,62 301,02	± 19,81 ± 2,94

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa metode APN dapat digunakan untuk menentukan logam berat Cr, Fe, Sr, dan Zn dalam cuplikan kerangka karang. Penggunaan metode APN sangat penting dalam menentukan logam berat pada terumbu karang karena hanya memerlukan jumlah/kuantitas sampel yang sedikit dibanding dengan metode analisis yang lain. Hal ini untuk mengurangi pengambilan sampel karang dalam jumlah besar sehingga tetap menjaga kelestarian ekosistem terumbu karang. Konsentrasi logam Cr, Fe, Sr, dan Zn mempunyai nilai yang tidak terlalu jauh berbeda pada setiap interval dari permukaan hingga bagian bawah dari kerangka karang. Kandungan unsur Sr menunjukkan nilai yang paling tinggi dibandingkan dengan unsur yang lain, hal ini dikarenakan unsur Sr merupakan unsur utama pembentuk terumbu karang (aragonite  $\text{CaCO}_3$ ).

Pada penelitian ini telah dilakukan pengukuran unsur logam dengan waktu paro panjang, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk unsur-unsur logam dengan waktu paro pendek dan menengah agar diperoleh lebih banyak lagi unsur-unsur yang terkandung dalam kerangka karang.



## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Instalasi Reaktor Serba Guna G.A. Siwabessy BRIN untuk iradiasi sampel.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Dwijananti, "Penentuan kadar radionuklida pada limbah cair pabrik galvanis dengan metode analisis aktivasi neutron thermal reaktor kartini," *J. Pendidik. Fis. Indones.*, vol. 6, no. 1, pp. 30–34, 2016, doi: 10.15294/jpfi.v6i1.1099.
- [2] V. Zaichick dan S. Zaichick, "Use of neutron activation analysis and inductively coupled plasma mass spectrometry for the determination of trace elements in pediatric and young adult prostate," *Am. J. Anal. Chem.*, vol. 04, no. 12, pp. 696–706, 2013, doi: 10.4236/ajac.2013.412084.
- [3] J. R. Budahn, "Neutron activation analysis," *Encycl. Earth Sci. Ser.*, pp. 978–980, 2018.
- [4] M. Nandy, "Neutron activation analysis: application in geology and medicine," *Adv. Technol. Appl. Neutron Act. Anal.*, Apr. 2019, doi: 10.5772/intechopen.76726.
- [5] M. Shabib dkk., "Assessment of heavy metals and rare earth elements of coral reefs in the Safaga harbor by neutron activation analysis," *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, vol. 188, no. 2, pp. 181–188, 2021, doi: 10.18576/jrna/060212.
- [6] D. M. Thompson, "Environmental records from coral skeletons: a decade of novel insights and innovation," *WIREs Clim. Chang.*, pp. 1–40, Okt. 2021, doi: 10.1002/wcc.745.
- [7] Riska dkk., "Plumbum (Pb) concentration in annual bands of coral porites lutea at Tunda Island, Banten," *J. Ilmu dan Teknol. Kelaut. Trop.*, vol. 7, no. 1, pp. 235–246, Agt. 2015, doi: 10.29244/jitkt.v7i1.9809.
- [8] K. L. E. Berry dkk., "Sources and spatial distribution of heavy metals in scleractinian coral tissues and sediments from the Bocas del Toro Archipelago, Panama," *Environ. Monit. Assess.*, vol. 185, no. 11, pp. 9089–9099, Nov. 2013, doi: 10.1007/s10661-013-3238-8.
- [9] M. A. Bakr dkk., "NAA for trace elemental analysis of sludge samples from different oil sites in the Egyptian Eastern Desert," *J. Radiat. Nucl. Appl.*, vol. 3, no. 3, pp. 163–170, Sep. 2018, doi: 10.18576/jrna/030306.
- [10] A. Bakshi dan A. K. Panigrahi, "A comprehensive review on chromium induced alterations in fresh water fishes," *Toxicol. Reports*, vol. 5, March, pp. 440–447, 2018, doi: 10.1016/j.toxrep.2018.03.007.
- [11] I. B. Rodriguez, S. Lin, J. Ho, dan T. Y. Ho, "Effects of trace metal concentrations on the growth of the coral endosymbiont *Symbiodinium kawagutii*," *Front. Microbiol.*, vol. 7, pp. 1–10, Feb. 2016, doi: 10.3389/fmicb.2016.00082.
- [12] C. L. Pederson dkk., "Significance of fluid chemistry throughout diagenesis of aragonitic Porites corals – An experimental approach," *The Depositional Record*, vol. 5, no. 3, pp. 592–612, Sep. 2019, doi: 10.1002/dep2.82.
- [13] S. J. Giri and P. K. Swart, "The influence of seawater chemistry on carbonate-associated sulfate derived from coral skeletons," *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, vol. 521, pp. 72–81, Mei 2019, doi: 10.1016/j.palaeo.2019.02.011.
- [14] G. Esslemont, "Heavy metals in seawater, marine sediments and corals from the Townsville



## SEMINAR APISORA 2021

Peran Isotop dan Radiasi untuk Indonesia yang Berdaya Saing

section, Great Barrier Reef Marine Park, Queensland,” *Mar. Chem.*, vol. 71, no. 3–4, pp. 215–231, Agt. 2000, doi: 10.1016/S0304-4203(00)00050-5.

- [15] H. Susiati dkk., “Kandungan logam berat ( Cu , Cr , Zn , dan Fe ) pada terumbu karang di perairan Pulau Panjang, Jepara,” *J. Pengemb. Energi Nukl.*, vol. 10, no. 51, pp. 25–30, 2008.