

## KANDUNGAN RADIONUKLIDA ALAM DAN LOGAM BERAT YANG TEREKAM PADA TERUMBU KARANG PERAIRAN KEPULAUAN SERIBU

June Mellawati<sup>1</sup> dan Ramadian Bachtiar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pusat Pengembangan Energi Nuklir- BATAN

<sup>2</sup>Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, IPB Bogor

Email: june\_mellawati@batan.go.id

### ABSTRAK

Logam dapat terperangkap dalam lapisan kalsium karbonat dari skeleton karang, sehingga skeleton karang dapat mencerminkan kandungan logam dari perairan tempat terumbu karang tumbuh. Berdasarkan hal ini telah dilakukan pengukuran radionuklida alam dan logam berat yang terkandung dalam contoh skeleton terumbu karang masif dari perairan Kepulauan Seribu, Jakarta Utara. Tujuan penelitian untuk memperoleh data kandungan radionuklida alam (uranium dan thorium) dan logam berat yang terekam dalam contoh skeleton terumbu karang pasca penentuan perkiraan umur terumbu karang. Pada penelitian digunakan contoh karang masif genus *Porites* yang diperoleh dari perairan sekitar Pulau Bokor, Pulau Tikus, dan Pulau Tidung Kepulauan Seribu, Jakarta Utara. Analisis logam berat untuk mengetahui jenis logam yang terkandung dalam terumbu karang dilakukan pasca penentuan lingkar tahun. Analisis logam berat menggunakan metode aktivasi neutron dan pengukurannya dengan Spektrometer Gamma. Hasil penelitian menunjukkan bahwa di setiap lapisan contoh terumbu ditemukan sejumlah radionuklida alam dan logam U, Th, Fe, Zn, Cr, Co, Sb, dan As, tetapi tidak ditemukan Hg.

Kata kunci: terumbu karang, radionuklida alam, logam berat

### ABSTRACT

**THE CONTENT OF NATURAL RADIONUCLIDES AND HEAVY METALS THAT RECORDED ON CORAL REEFS OF THOUSAND ISLANDS WATERS.** Metals can be trapped in a layer of calcium carbonate from coral skeleton, so the coral skeleton may reflect its content in any waters where coral reefs grow. Based on this, the measuring natural radionuclide and heavy metals that contained in a massive coral skeleton samples from the Kepulauan Seribu waters, North Jakarta has been done. The aim of research is to obtain data on natural radionuclide content (uranium and thorium) and heavy metals that recorded in coral skeleton samples after determined the approximate age of coral reefs. In the research used the massive coral samples with *Porites* genus that obtained from waters around Tidung, Tikus, and Bokor Island of Kepulauan Seribu, North Jakarta. Analysis of heavy metal to determine the metal contained in coral reefs done post determination of circumference year. Analysis of heavy metals using neutron activation methods and measurement using Gamma Spectrometer. Results showed that in each layer of coral samples found a number of natural radionuclide and metals U, Th, Fe, Zn, Cr, Co, Sb, and As, but there is no Hg.

Keywords: coral reefs, natural radionuclide, heavy metals

### PENDAHULUAN

Terumbu karang sebagai ekosistem dasar laut dengan penghuni utama karang batu yang dibangun oleh biota laut (*zooxanthellae*) dan alge yang keduanya penghasil kapur ( $\text{CaCO}_3$ ) merupakan ekosistem yang mampu tumbuh subur dalam lingkungan sedikit nutrien (oligotrofik) dan cukup kuat menahan gelombang laut. Terumbu yang mempunyai komponen utama kalsium

karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) ini merupakan hasil metabolisme melalui proses kalsifikasi dari hewan karang.

Kecepatan proses kalsifikasi karang dipengaruhi oleh suhu, panjang hari, siklus bulan dan pasang surut, sehingga mengakibatkan terbentuknya semacam lingkar tahunan pada skeleton karang (1). Pertumbuhan karang bersifat akresi karena lapisan kalsium karbonat yang terbentuk akan menutupi kalsium karbonat yang terbentuk sebelumnya, dan secara terus menerus akan memerangkap mineral-mineral yang terdapat dalam perairan di tempat karang itu hidup. Beberapa peneliti melaporkan bahwa terumbu karang dapat dijadikan biomonitor logam yang terkandung di perairan laut, karena kemampuannya mengambil dan merekam perubahan komposisi dari lingkungan perairan tersebut (2,3,4).

Luas terumbu karang yang terdapat di perairan Indonesia diperkirakan lebih dari 60.000  $\text{km}^2$  dan tersebar luas di perairan kawasan barat Indonesia hingga kawasan timur Indonesia (5). Indonesia merupakan tempat bagi sekitar 1/8 dari terumbu karang dunia dan merupakan negara yang kaya akan keanekaragaman biota perairan dibanding dengan negara-negara Asia Tenggara lainnya.

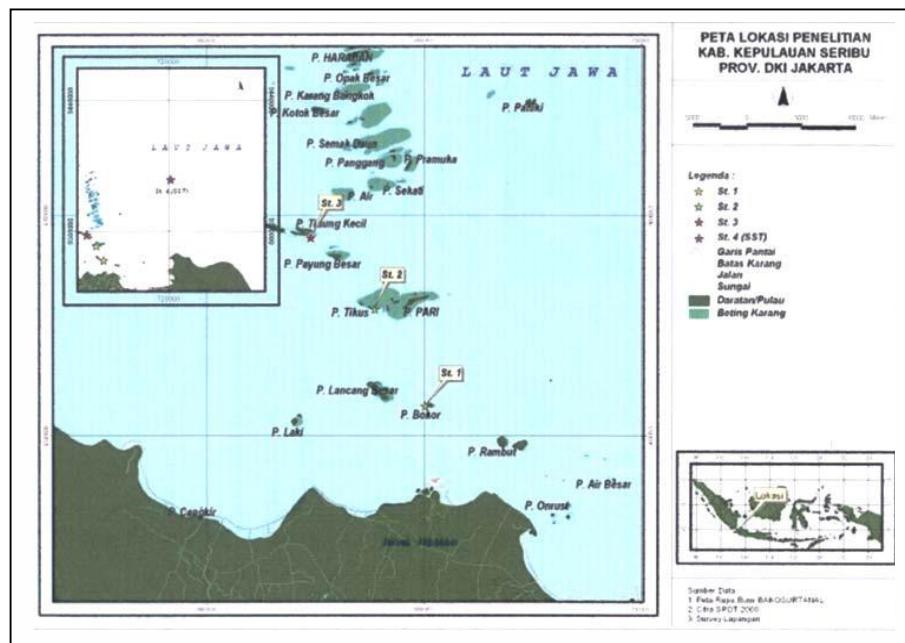
Kepulauan Seribu adalah sekelompok pulau karang kecil yang terletak di utara Jakarta. Gugus pulau-pulau karang ini terletak sepanjang barat laut dari Teluk Jakarta, berjarak kira-kira 80 km dari kota Jakarta. Sejak beberapa dekade yang lalu, pulau-pulau ini mengalami tekanan yang cukup besar akibat dampak kegiatan manusia. Demikian pula pertumbuhan penduduk yang cukup tinggi dan perkembangan pembangunan Jakarta sebagai ibukota Negara Indonesia membuat tekanan pada lingkungan hidup sekitar perairan Kepulauan Seribu sangat berat. Selain limbah industri, sampah rumah tangga dan imbas penggunaan pupuk pertanian, serta penambangan karang, penambangan pasir dan penambangan minyak, aktifitas perikanan menunjukkan pengaruh yang sangat merugikan pada lingkungan hidup perairan di sekitar perairan Kepulauan Seribu. Seperti diketahui, kegiatan-kegiatan tersebut berpotensi memberikan kontribusi logam ke lingkungan perairan cukup signifikan.

Berdasarkan alasan tersebut telah dilakukan penentuan kandungan radionuklida alam dan logam berat dalam terumbu karang yang diperoleh dari perairan sekitar Kepulauan Seribu. Diharapkan data yang diperoleh dapat memberikan gambaran kondisi perairan di pantura Jakarta yang cukup padat oleh berbagai kegiatan manusia.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Peralatan

Pada penelitian digunakan contoh karang genus *Porites* yang memiliki jenis pertumbuhan masif dengan daya tahan cukup tinggi terhadap tekanan lingkungan. Bahan-bahan lainnya yang digunakan dalam penelitian, seperti larutan HNO<sub>3</sub>, NaOH, larutan standar mengandung logam-logam, N<sub>2</sub> cair, dan standar acuan dari IAEA mengandung sejumlah logam-logam. Contoh terumbu karang diperoleh dari 3 stasiun di perairan Kepulauan Seribu, yaitu di perairan sekitar Pulau Bokor, Pulau Tidung dan Pulau Tikus. Secara geografi, di perairan Pulau Bokor pada koordinat 05° 56' 38.1" LS, 106° 37' 38.1" BT, Pulau Tidung pada koordinat 05° 48' 22.0" LS, 106° 31' 55.2" BT, dan Pulau Tikus pada koordinat 05° 51' 52.8" LS, 106° 35' 07.5" BT (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi pengambilan contoh terumbu karang

Pengambilan contoh karang menggunakan peralatan selama SCUBA (*Self Contained Underwater Breathing Apparatus*) serta palu dan kikir, *diamond saw*, dan lampu flouresen. Instrumentasi untuk mengukur kandungan radionuklida dan logam digunakan perangkat fasilitas Reaktor Nuklir G.A. Siwabessy PRSG, BATAN Serpong, Spektrometer Gamma yang dilengkapi detektor *High Purity Germanium* (HPGe) dan perangkat lunak *Multi Channel Analyzer* (MCA) Geni 2000.

## Metode

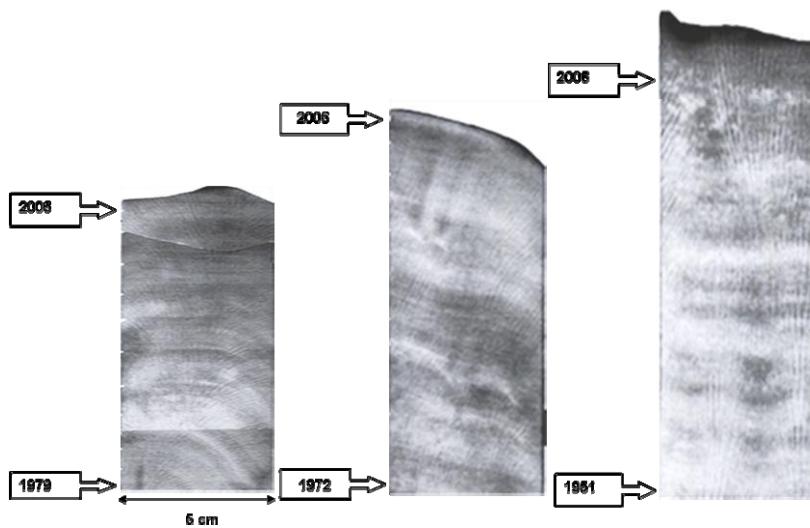
Pasca pengambilan contoh terumbu karang dari lokasi kajian yang dibantu oleh penyelam SCUBA menggunakan kikir dan palu, serta diidentifikasi berdasarkan morfologi *calice* karang, potongan contoh karang diletakkan dalam jaring contoh dan dibawa ke permukaan untuk ditempatkan dalam *cooled box* untuk dibawa ke laboratorium. Selanjutnya contoh karang dipotong vertikal dengan ketebalan 1 cm menggunakan *diamond saw*, dibersihkan, dideterminasi dan disketsa di bawah lampu fluoresens. Pada setiap lingkar tahun yang terlihat dengan lampu fluoresen ditandai dengan pinsil, dipotong dan dimasukkan masing-masing lapisan ke dalam kantong plastik.

Penentuan kandungan radionuklida dan logam berat dilakukan di laboratorium kimia dan lingkungan, PATIR, BATAN Jakarta. Metode penentuannya menggunakan *Neutron Activation Analysis* (NAA) yang pengukurannya menggunakan Spektrometer Gamma. Mula-mula setiap lapisan terumbu karang yang telah terkumpul tersebut dikeringkan dalam oven, dan digerus hingga halus. Contoh dan standar masing-masing ditimbang dalam kantong polietilen dan dibungkus foil Al, serta dipersiapkan untuk aktivasi netron. Proses aktivasi netron di reaktor GA Siwabessy menggunakan netron termal dengan *flux*  $10^{13}$  netron/cm<sup>2</sup>/detik selama 30 menit, dan dilanjutkan proses pendinginan 2-4 minggu untuk kemudian dilakukan pengukuran menggunakan Spektrometer Gamma selama 1800 detik/contoh (6). Pengukuran berdasarkan karakteristik energi gamma yang dipancarkan oleh setiap isotop yang terbentuk melalui reaksi n, gamma. Uranium diukur sebagai <sup>239</sup>Np pada 277 keV, Th sebagai <sup>233</sup>Pa pada 311 keV, sedangkan Fe, Zn, Cr, Co, Sb, As dan Hg, masing-masing sebagai <sup>59</sup>Fe, <sup>64</sup>Zn, <sup>51</sup>Cr, <sup>60</sup>Co, <sup>124</sup>Sb, <sup>76</sup>As, <sup>203</sup>Hg pada energi 1098 dan 1292 keV, 1115 keV, 320 keV, 1173 keV dan 1332.4 keV, 564 keV, 559 keV, 279 keV. Konsentrasi radionuklida alam atau logam dihitung dengan metode pembanding berdasarkan rasio aktivitas dalam contoh dan standar (7).

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Hasil Pemotongan Terumbu Karang**

Hasil pemotongan terumbu karang menunjukkan bahwa terumbu karang dari Pulau Tidung memiliki 28 lingkar tahun dengan tebal lingkar berkisar antara 8-12 mm, sedangkan terumbu karang dari Pulau Tikus memiliki 35 lingkar tahun dengan tebal lingkar berkisar antara 8-12 mm, dan terumbu karang dari Pulau Bokor memiliki 56 lingkar tahun dengan tebal lingkar tahun berkisar antara 6-8 mm (Gambar 2).



Gambar 2. Hasil pemotongan dan pemotretan dengan *X-Ray* contoh terumbu karang Pulau Tidung (A), Pulau Tikus (B) dan Pulau Bokor (C)

### Hasil Analisis Kandungan Radionuklida Alam dan Logam Berat

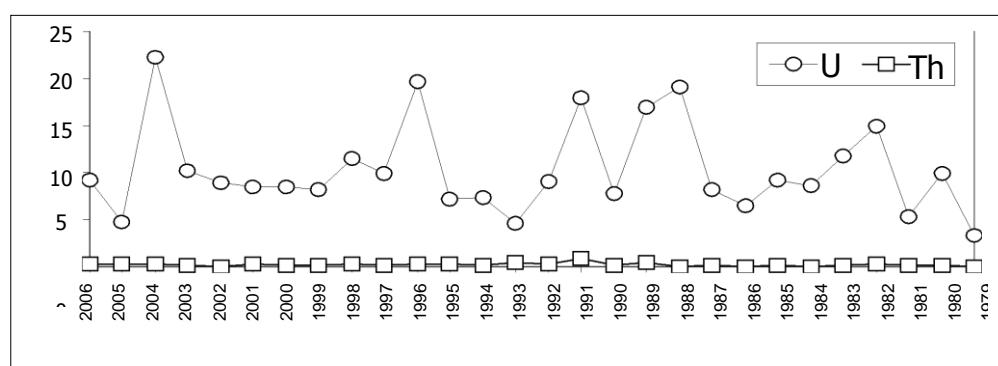
Hasil penentuan radionuklida alam dan logam berat menggunakan metode aktivasi netron menunjukkan bahwa telah ditemukan U, Th, Fe, Zn, Cr, Co, Sb, As pada contoh terumbu karang dari Pulau Tidung, Tikus dan Bokor, namun tidak ditemukan logam berat Hg. Uranium dan thorium tergolong radionuklida alam, sedangkan lainnya tergolong logam berat. Menggunakan metode yang sama, peneliti lain telah menemukan Fe, Co, U, Cr, Zn, Mn, dan Hg dalam contoh terumbu karang (8, 9).

### Konsentrasi Uranium (U) dan Thorium (Th) dalam Terumbu Karang Pulau Tidung, Tikus dan Bokor

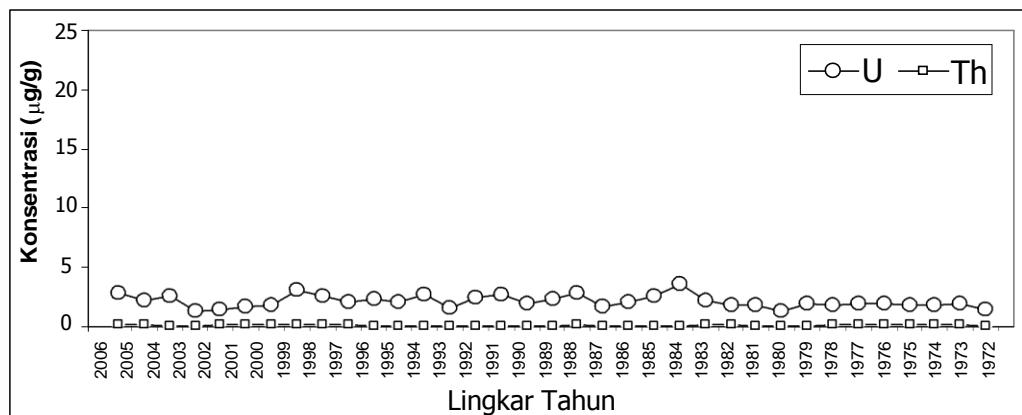
Konsentrasi Uranium (U) di setiap lapisan lingkar tahun terumbu karang dari Pulau Tidung relatif bervariasi, berkisar 3,27–22,29 mg/kg, dari Pulau Tikus berkisar 1,26–3,65 mg/kg, dari Pulau Bokor berkisar antara 0,73–8,09 mg/kg. Kandungan U dalam terumbu karang dari Pulau Tidung lebih tinggi dibandingkan Pulau Bokor dan Tikus. Analisis aktivasi netron pada skeleton terumbu karang dari Jepang telah ditemukan sejumlah U, demikian pula terumbu karang dari perairan Hawaii dan sekitarnya mengandung U berkisar

1,52-2,83 mg/kg (10,11). Seperti diketahui, pada kondisi kekurangan ion kalsium, unsur U akan menggantikan kedudukan ion Ca dalam proses pembentukan terumbu karang (12).

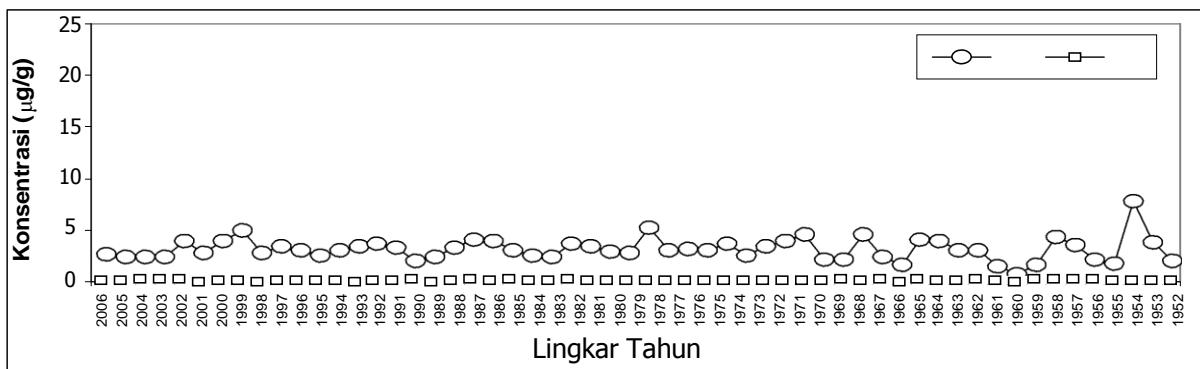
Konsentrasi Th dalam terumbu karang dari Pulau Tidung lebih tinggi (0,04–0,92 mg/kg) dibandingkan dari Pulau Bokor (0,02–0,33 mg/kg) dan dari Pulau Tikus (0,01–0,17 mg/kg). Sebaran U dan Th di setiap lapisan terumbu karang Pulau Tidung, Pulau Tikus dan Pulau Bokor ditunjukkan Gambar 3, 4 dan 5.



Gambar 3. Sebaran radionuklida alam U dan Th di setiap lapisan lingkar tahun terumbu karang dari Pulau Tidung



Gambar 4. Sebaran radionuklida alam U dan Th di setiap lapisan lingkar tahun terumbu karang dari Pulau Tikus



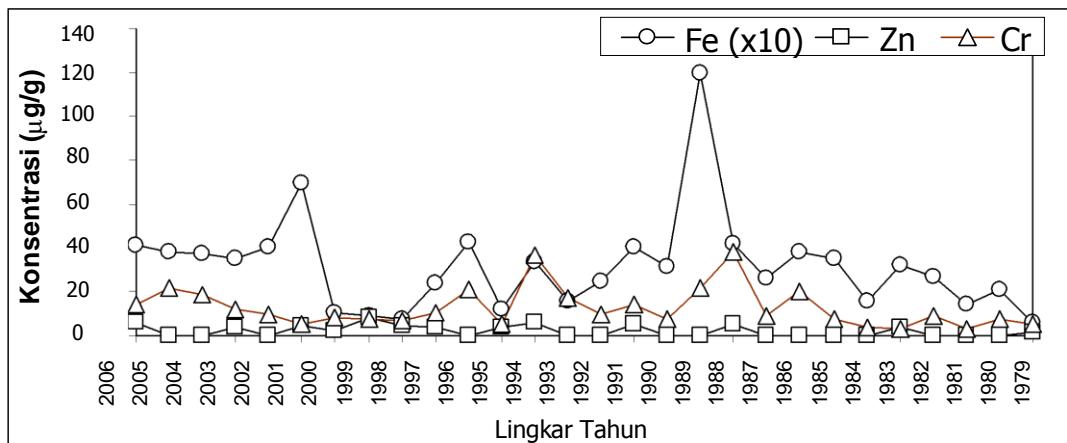
Gambar 5. Sebaran radionuklida alam U dan Th di setiap lapisan lingkar tahun terumbu karang dari Pulau Bokor

Uranium terekam pada terumbu karang Pulau Tidung tertinggi tahun 2004 (22,29 ppm), pada terumbu karang Pulau Tikus tertinggi pada tahun 1983 (3,65 ppm), dan terumbu karang Pulau Bokor tertinggi pada tahun 1953 (8,09 ppm). Thorium terekam pada terumbu karang Pulau Tidung tertinggi tahun 1989 (0,42 ppm), dan terumbu karang Pulau Tikus tertinggi pada tahun 1988 (0,17 ppm), dan terumbu karang Pulau Bokor tertinggi pada tahun 1968 (0,33 ppm). Seperti diketahui, telah terjadi pencemaran minyak pada tahun 2003-2004 dan menyebabkan beberapa Pulau seperti Pulau Pramuka, Panggang dan Pulau Karya mengandung minyak melebihi ambang batas.

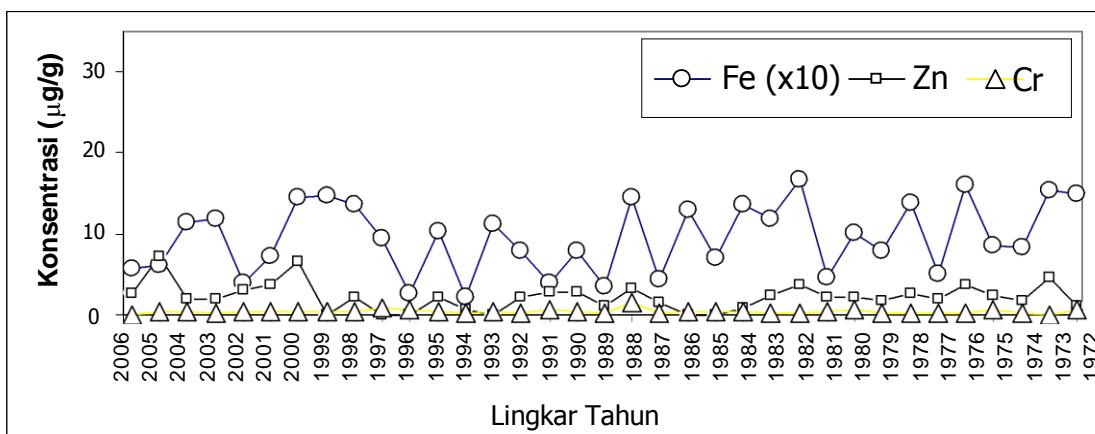
### Konsentrasi Fe, Zn dan Cr dalam Terumbu Karang Pulau Tidung, Pulau Tikus dan Pulau Bokor

Konsentrasi Fe pada terumbu karang Pulau Tidung berkisar 61,62–1198,96 mg/kg, pada terumbu karang Pulau Tikus berkisar 22,83–171,48 mg/kg, pada terumbu karang Pulau Bokor berkisar 34,46–301,45 mg/kg. Konsentrasi Zn pada terumbu karang Pulau Tidung berkisar 0–5,89 mg/kg, pada terumbu karang Pulau Tikus berkisar 0–7,50 mg/kg, pada terumbu karang Pulau Bokor berkisar 0–12,00 mg/kg. Konsentrasi Cr pada terumbu karang Pulau Tidung berkisar 5,03–37,82 mg/kg, pada terumbu karang Pulau Tikus berkisar 0,09–1,50 mg/kg, pada terumbu karang Pulau Bokor berkisar 0–2,40 mg/kg. Sebaran logam berat Fe,

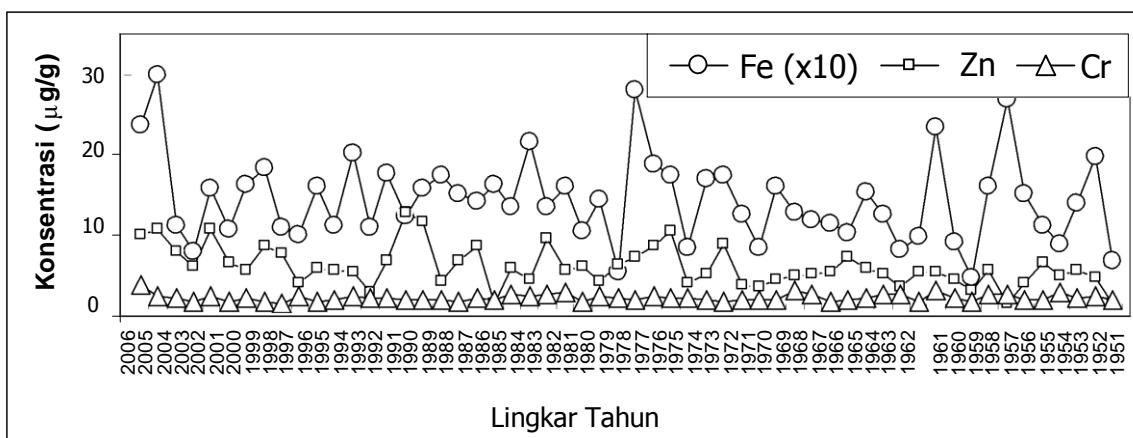
Zn dan Cr di setiap lapisan terumbu karang Pulau Tidung, Pulau Tikus dan Pulau Bokor ditunjukkan Gambar 6, 7 dan 8.



Gambar 6. Sebaran logam berat Fe, Zn dan Cr di setiap lapisan lingkar tahun terumbu karang dari Pulau Tidung



Gambar 7. Sebaran logam berat Fe, Zn dan Cr di setiap lapisan lingkar tahun terumbu karang dari Pulau Tikus



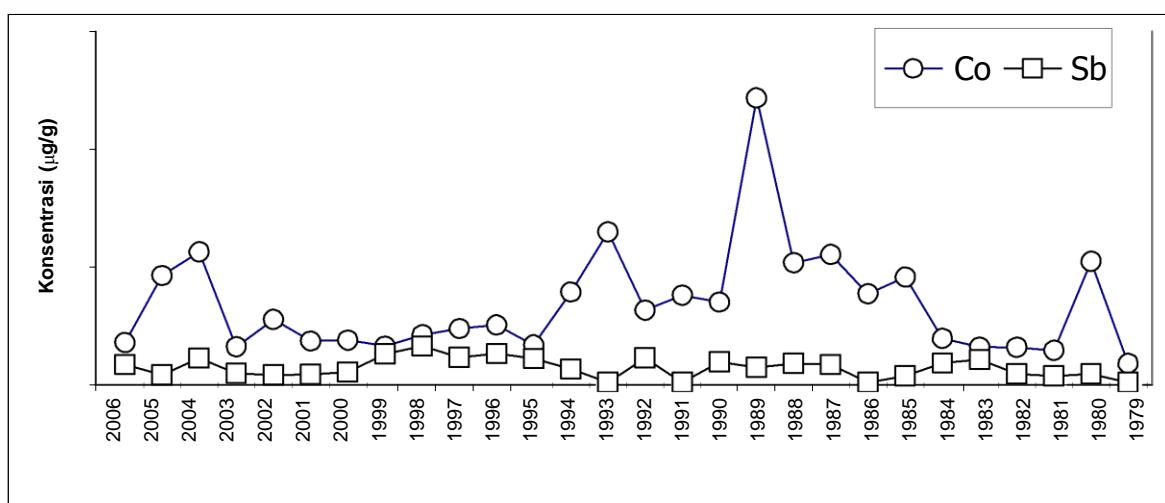
Gambar 8. Sebaran logam berat Fe, Zn dan Cr di setiap lapisan lingkar tahun terumbu karang dari Pulau Bokor

Ada kecenderungan konsentrasi Fe dalam terumbu karang Pulau Tidung > Cr dan Zn, sedangkan konsentrasi Fe dalam terumbu karang Pulau Tikus dan Pulau Bokor > Zn > Cr. Konsentrasi Fe tertinggi ditemukan dalam terumbu karang dari Pulau Tidung dan terekam pada tahun 1989, sedangkan Zn hanya terekam di beberapa lingkar tahun saja (1979, 1983, 1988, 1991, 1994-1995, 1997-2001, 2003 dan 2006), dan Cr terekam tertinggi pada tahun 1988-1989. Konsentrasi Fe tertinggi dalam terumbu karang Pulau Tikus terekam pada tahun 1982, Zn tertinggi terekam pada tahun 2000 dan 2005, sedangkan Cr pada tahun 1975. Konsentrasi Fe tertinggi pada terumbu karang Pulau Bokor terekam tahun 1957, 1961, 1978 dan 2005. Peneliti sebelumnya menyatakan bahwa skeleton terumbu karang masif jenis *Porites* mampu merekam dan memberikan informasi kondisi pencemaran laut oleh logam berat Fe dan Zn selama kurun waktu tahun 1925-2005 (13). Logam Fe merupakan salah satu unsur hara yang diperlukan terumbu karang untuk meningkatkan densitas sel spesifik dari ganggang sehingga berpengaruh terhadap dan mekanisme fotosintesa dan tingkat pertumbuhannya (14). Data menyebutkan kadar Zn di perairan Teluk Jakarta telah melebihi nilai ambang batas untuk kegiatan perikanan dan konservasi biota laut dan *Canadian Standard for Contaminated Sediments* menetapkan nilai ambang batas untuk Zn 60 ppm

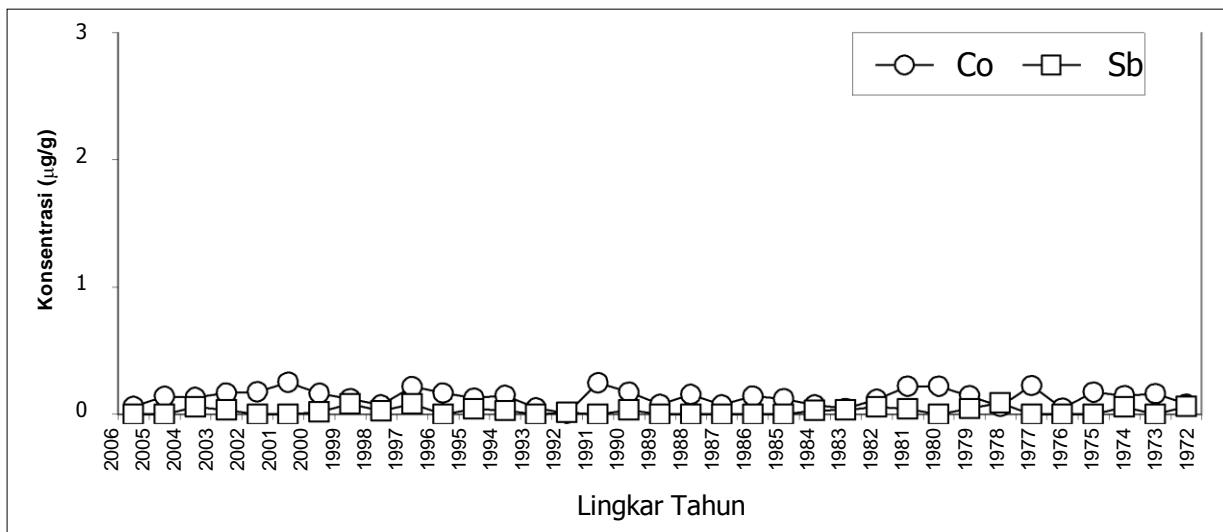
Terumbu karang dari perairan sekitar Kepulauan Karibia mengandung Fe  $90,8 \pm 37,7$  mg/kg, Zn  $6,09 \pm 1,82$  mg/kg, Cr 15-65 mg/kg (15). Hasil analisis Cr dalam sedimen lebih rendah dibandingkan dalam terumbu karang. Besi dalam terumbu karang dari perairan India 0,19 to 0,62 mg/kg, Cr 7,25 - 22,34 mg/kg dan Zn 44 - 135,25 mg/kg (16). Konsentrasi Cr di setiap lapisan lingkar tahun 1992-1996 dari terumbu karang jenis masif (*Porites*) dari Pulau Payar Malaysia berkisar antara < 1 - 10 mg/kg, Zn 3-27 mg/kg (17). Konsentrasi Zn dalam terumbu karang Pulau Lobata, Malaysia 3-27 mg/kg, lebih tinggi dari sedimen (6-7mg/kg) dan air (2,45–5,76 mg/kg) (17).

## Konsentrasi Co, Sb dan As dalam Terumbu Karang Pulau Tidung, Pulau Tikus dan Pulau Bokor

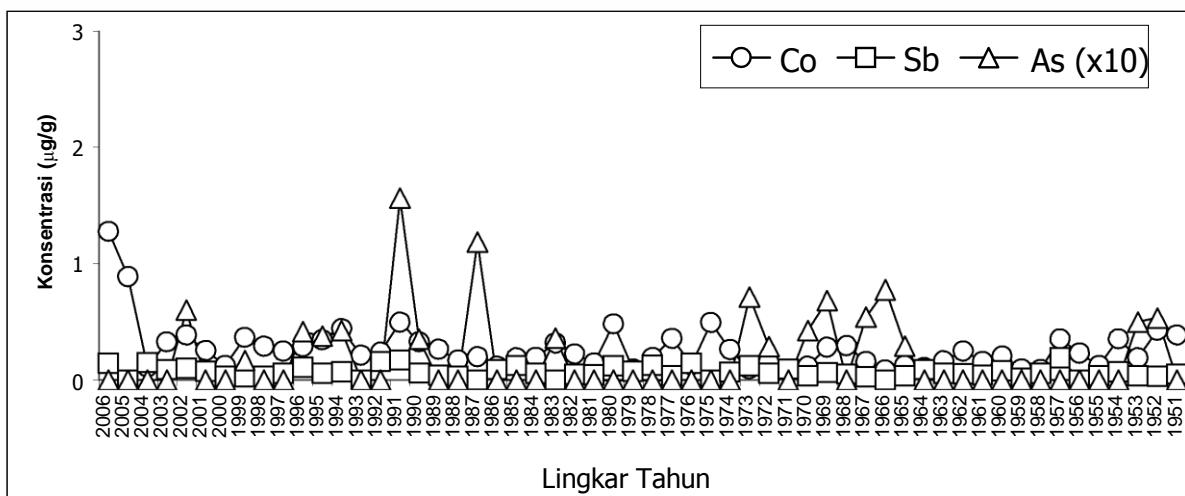
Konsentrasi Co pada terumbu karang Pulau Tidung berkisar 0,16–2,44 mg/kg, dari Pulau Tikus berkisar 0,01–0,25 mg/kg, dan dari Pulau Bokor berkisar 0,09–1,28 mg/kg. Konsentrasi Sb pada terumbu karang Pulau Tidung berkisar 0–0,31 mg/kg, dari Pulau Tikus berkisar 0–0,09 mg/kg, dan dari Pulau Bokor berkisar 0 –0,19 mg/kg. Konsentrasi As pada terumbu karang Pulau Tidung berkisar 0–2,40 mg/kg, dari Pulau Tikus berkisar 0–4,57 mg/kg, dan dari Pulau Bokor berkisar 0–15,65 mg/kg. Konsentrasi Co dalam terumbu karang dari perairan sekitar Kepulauan Hawaii, Samoa dan Tahiti (Lautan Pasifik) berkisar antara 0,01-0,12 mg/kg (10). Antimon, As dan Co ditemukan dalam terumbu karang masif *Porites* spp dari perairan sekitar tambang emas Buyat Sulawesi, dan konsentrasi Sb maupun Co menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap jauh dekatnya dengan sumber kecuali As (18). Sebaran Co, Sb dan As di setiap lapisan terumbu karang dari Pulau Tidung, Pulau Tikus dan Pulau Bokor ditunjukkan Gambar 9, 10 dan 11.



Gambar 9. Sebaran logam berat Co dan Sb d setiap lapisan lingkar tahun terumbu karang dari Pulau Tidung



Gambar 10. Sebaran logam berat Co dan Sb di setiap lapisan lingkar tahun terumbu karang dari Pulau Tikus



Gambar 11. Sebaran logam berat Co dan Sb d setiap lapisan lingkar tahun terumbu karang dari Pulau Bokor

Kobalt terekam pada terumbu karang Pulau Tidung tertinggi tahun 1989, dan tahun 1998-1999, pada terumbu karang Pulau Tikus terekam tertinggi pada tahun 1991 dan 2001, pada terumbu karang Pulau Bokor terekam tertinggi pada tahun 2006. Arsen terekam pada terumbu karang Pulau Tidung tertinggi pada tahun 2003 - 2004, terekam pada terumbu karang Pulau Tikus tertinggi pada tahun 1998, dan terekam pada terumbu karang Pulau Bokor tertinggi pada tahun 1987 dan 1991. Antimon terekam pada terumbu

karang Pulau Tidung tertinggi pada tahun 1996, 1998, dan 1999, terekam pada terumbu karang Pulau Tikus tertinggi pada tahun 1978, 1997 dan 1999, dan terekam pada terumbu karang Pulau Bokor tertinggi pada tahun 1957 dan 1991.

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Contoh terumbu karang jenis masif yang diperoleh dari perairan sekitar Pulau Tidung, Pulau Tikus dan Pulau Bokor, Kepulauan Seribu mengandung U, Th, Fe, Zn, Cr, Co, Sb, dan As, tetapi tidak ditemukan adanya Hg.
2. Konsentrasi U dan Th dalam terumbu karang dari Pulau Tidung (lokasinya paling jauh dari daratan Pulau Jawa) lebih tinggi dibandingkan dari Pulau Tikus dan Bokor. Konsentrasi Fe, Cr, Co dan Sb dalam terumbu karang dari Pulau Tidung, (lokasinya paling jauh dari daratan Pulau Jawa) lebih tinggi dibandingkan dari Pulau Tikus dan Bokor. Namun konsentrasi Zn dan As dalam terumbu karang dari Pulau Bokor (lokasinya paling dekat dari daratan Pulau Jawa) lebih tinggi dibandingkan dari Pulau Tikus dan Pulau Tidung.
3. Konsentrasi Zn, Cr dalam terumbu karang (masif) dari Indonesia (perairan Kepulauan Seribu: Pulau Tidung, Tikus dan Bokor) masih lebih rendah dari perairan di India dan Malaysia. Konsentrasi Fe dalam terumbu karang (masif) dari Indonesia (perairan Kepulauan Seribu: Pulau Tidung, Tikus dan Bokor) lebih tinggi dari terumbu karang dari perairan di India dan Karibia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdel Hamid A. M. Ali, Mohamed A. Hamed, Hoda Abd El Azim. 2010. Heavy Metals Distribution in The Coral Reef Ecosystems of The Northern Red Sea, *Helgoland Marine Research Journal*.
- G.Anu, N.C. Kumar, K.V. Jayalakshmi, S.M. Nair. 2006. Monitoring of Heavy Metals Partitioning In Reefs Corals of Lakshadweep Archipelago, Indian Ocean. Department of Chemistry, St. Teresa's College, Cochin, India. [3].
- Héctor M. Guzmán, Carlos E. Jiménez. 1992. Contamination of coral reefs by heavy metals along the Caribbean coast of Central America (Costa Rica and Panama). *Marine Pollution Bulletin*. Vol. 24: 554-561
- Imam Bachtiar. 2010. Reproduksi dan Rekruitmen Karang Scleractinia: Kajian Pustaka, Pusat Penelitian Pesisir dan Laut (P3L), Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat.
- Walters G. E. 1998. Bottom trawl survey of the eastern Bering Sea continental shelf. 201-203.
- IAEA. 1980. Elemental Analysis of Biological Materials. International Atomic Energy Agency. Vienna.
- IAEA. 1990. Practical Aspect of Operating a Neutron Activation Analysis Laboratory IAEA Tecdoc -564. Vienna.
- S. Ohde, A. A. Ramos. 2004. Multielemental determination of fossil corals from a drill core of Funafuti Atoll by instrumental neutron activation analysis. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. Volume 261, Number 2: 473-477.
- Mazlin. B. Mokhtar, Abdul Khalik.B. Hj Wood, Choong Houweng, The Mei Ling and Adelene Anthony Sinniah. 2002. Trace metals in Selected Corals of Malaysia. *Journal of Biological Sciences* Volume 2:12, 805-809.
- S.Ohde. M.M Hossain, H.Ozaki. T.Masuzawa. 2003. Uranium in coral skeleton determined by ephitermal neutron activation analysis. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* Volume 25A, No.2: 275-289.
- H. Herbert Veeh, Karl K. Turekian. Co, Ag, and U Concentrations of Reef Building Corals in The Pasific Ocean. US Atomic Energy Commision Contact. AT (30-1)-2912.
- Gedalia Gvirtzman, Gerald M. 1973. Control and Distribution of Uranium in Coral Reefs During Diagenesis. Fr.*Journal of Sedimentary Research* Volume 43.

- Saber A. Al-Rousan, Rashid N. Al-Shloul, Fuad A. Al-Horani and Ahmad H. Abu-Hilal. 2007. Heavy metal contents in growth bands of Porites corals: Record of anthropogenic and human developments from the Jordanian Gulf of Aqaba. *Marine Pollution Bulletin* Volume 54: 1912-1922
- Christine Ferrier-Pagès, Vanessa Schoelzke, Jean Jaubert, Len Muscatine, Ove Hoegh Guldberg. 2001. Response of a scleractinian coral, *Stylophora pistillata*, to iron and nitrate enrichment. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. Vol. 59: 249-261
- A.S. Pait, C.F.G. Jeffrey, C. Caldow, D. R. Whitall, S. I. Hartwell, A. L. Mason, J. D. Christensen. 2009. Chemical Contaminants in the Coral Porites astreoides from Southwest Puerto Rico. NOS NCCOS 91. Silver Spring, MD. NOAA/NOS/NCCOS/Center for Coastal Monitoring and Assessment 32 pages.
- S. Krishna Kumar, N. Chandrasekar, P. Seralathan. 2010. Trace Elements Contamination in Coral Reef Skeleton, Gulf of Mannar, India. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* Volume 84, Number 1: 141-146)
- Mazlin Bin Mokhtar, Almah Bt Awaluddin, Mohamad Bin Md Tan, Zulfigar Bin Hj Yasin. 2001. Trace Metals in Langkawi Coral and Sediment: A study using AAS and XRF. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, Vol. 7, No. 1: 189-196.
- Evan N. Edinger, Karem Azmy, Wilfredo Diegor, P. Raja Siregar. 2008. Heavy metal contamination from gold mining recorded in *Porites lobata* skeletons, Buyat-Ratototok district, North Sulawesi, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, Volume 56: 1553-1569

## CATATAN

1. Pustaka yang digunakan pada metode tidak perlu dikemukakan.
2. Narasi terlalu banyak mengulang data dari gambar.
3. Penulisan satuan yang digunakan sebaiknya konsisten, apakah mg/kg, ppm atau  $\mu\text{g/g}$ .
4. Bahasa yang digunakan cukup baik, tetapi pembahasan mengenai hasil penelitian masih kurang.