
Analisa Kandungan Radionuklida ⁴⁰K pada Sedimen di Perairan Pulau Tikus, Bengkulu

Ankladito Hazmanda Syaher, Muslim, Murdahayu Makmur*)

Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedharto, SH, Tembalang Semarang. 50275 Telp/Fax (024) 7474698
Email : hazmanda0206@gmail.com

Abstrak

Naturally occurring radioactive material (NORM) adalah bahan yang umum ditemukan di lingkungan yang mengandung unsur radioaktif berasal dari alam. Radioaktivitas alam pemancar gamma energi tinggi berupa ⁴⁰K secara umum dapat meningkat akibat kegiatan pengolahan hasil tambang dan industri. Provinsi Bengkulu memiliki potensi tambang dan cadangan sumber daya mineral sebagai bahan baku industri. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai aktivitas ⁴⁰K pada sedimen dasar di lingkungan perairan Bengkulu. Selain itu untuk mengetahui pengaruh persentase jenis sedimen dan kandungan karbon terhadap konsentrasi radionuklida pada sedimen dasar. Pengambilan sampel dilakukan pada tanggal 17 September 2014 di wilayah perairan Pulau Tikus, Bengkulu. Analisa aktivitas ⁴⁰K; persentase jenis sedimen; dan kandungan karbon dilaksanakan di laboratorium Kelompok Radioekologi Kelautan BATAN dan laboratorium Geologi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro Semarang. Radionuklida ⁴⁰K yang terkandung dalam sedimen dasar dengan nilai antara 61,62 - 152,24 Bq/kg. Kisaran nilai aktivitas ini tergolong rendah dan menunjukkan belum terjadi pengkayaan radionuklida alam akibat proses pertambangan dan industri. Perbandingan persentase jenis sedimen dan kandungan karbon menunjukkan hubungan sangat lemah sampai kuat dengan aktivitas radionuklida ⁴⁰K (R^2 berkisar antara 0,0989 - 0,6676). Setelah dilakukan pengelompokan stasiun berdasarkan kedalaman ≥ 140 dm dan $\leq 10,6$ dm aktivitas ⁴⁰K dengan persentase jenis sedimen dan kandungan karbon menunjukkan hubungan bervariasi dari sangat rendah hingga sangat kuat (R^2 berkisar antara 0,0003 - 0,9984) yang kemungkinan dipengaruhi sifat kimia senyawanya.

Kata Kunci : NORM; ⁴⁰K; Sedimen; Bengkulu

Abstract

Naturally occurring radioactive material (NORM) is a common ingredient found in environments containing radioactive elements derived from nature. Natural radioactivity emitting high-energy gamma form ⁴⁰K can generally be increased as a result of the activities of mining and industrial processing. Bengkulu Province has potential reserves of mines and mineral resources as an industrial raw material. The purpose of this study was to determine the activity of ⁴⁰K in bottom sediments in aquatic environments Bengkulu. In addition to knowing the effect of the percentage of sediment and carbon content of the concentrations of radionuclides in the bottom sediments. The field data was taken on 17 September 2014 in Tikus Island, Bengkulu. ⁴⁰K activity analysis; the percentage of sediment; and the carbon content Radioekologi conducted in the laboratory and laboratory BATAN Marine Geology Faculty of Fisheries and Marine Sciences, University of Diponegoro. ⁴⁰K radionuclides contained in the bottom sediments with values between 61.62 to 152.24 Bq / kg. The range of activities is relatively low value and show the natural radionuclide enrichment has not happened due to mining and industrial processes. Comparison of the percentage of sediment and carbon content showed very weak to strong relationship with the activity of radionuclide ⁴⁰K (R^2 ranged from 0.0989 to 0.6676). After grouping station based on the depth ≥ 140 dm and $\leq 10,6$ dm ⁴⁰K activity with the percentage of sediment and carbon content shows the relationship varies from very low to very strong (R^2 ranged from 0.0003 to 0.9984) which is likely influenced by the chemical nature compounds.

Keywords : NORM; ⁴⁰K; Sediment; Bengkulu

1. Pendahuluan

Radioaktivitas yang ada di permukaan air benua disebabkan oleh adanya elemen radioaktif di kerak bumi (NORM, *Naturally Occurring Radioactive Material*). Sedangkan istilah TERM (*Technologically Enhanced Radioactive Material*) atau TENORM (*Technologically Enhanced NORM*) merupakan peningkatan konsentrasi NORM dalam lingkungan yang diakibatkan oleh aktivitas manusia (pertambangan, penggilingan dan pengolahan biji uranium dan mineral pasir, pembuatan fertilisers, pembakaran bahan bakar fosil, pemurnian logam, dan lain sebagainya) (Gesell dan Prichard, 1975; Baxter, 1996; Egidi, 1997; Bradley dan Roberts, 1998; dalam Pujol dan Sanchez-Cabeza, 2000). Provinsi Bengkulu memiliki potensi tambang dan cadangan sumber daya mineral sebagai bahan baku industri. Kegiatan pengolahan hasil tambang dan industri ini secara umum dapat meningkatkan radioaktivitas alam pemancar gamma energi tinggi berupa ^{40}K . Radionuklida alam diketahui berasosiasi dengan baik pada sedimen dengan partikel halus (Dowdall dan Lepland, 2012). Selain itu kandungan bahan organik dapat mempengaruhi penyerapan dan perpindahan radionuklida di lingkungan (Staunton *et al.*, 2002 dalam El-Reefy *et al.*, 2006). Untuk mengetahui sejauh mana tingkat konsentrasi radionuklida alam di Perairan Bengkulu, maka perlu dilakukan analisa radionuklida ^{40}K dalam sampel sedimen dasar perairan Bengkulu dan hubungannya dengan jenis sedimen dan kandungan karbon di sedimen.

2. Materi dan Metode Penelitian

a. Materi Penelitian

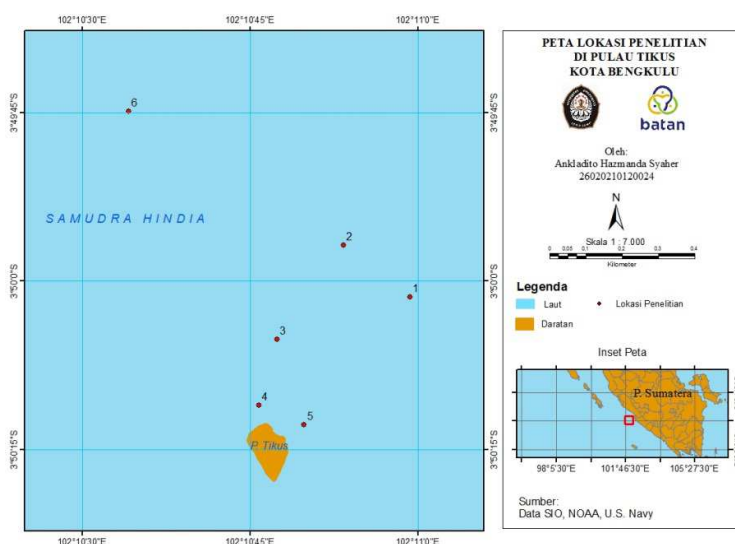
Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan adalah sedimen dasar yang diambil di Perairan Pulau Tikus, Bengkulu, yang kemudiandianalisaaktifitas ^{40}K ; persentase ukuran butir; dan kandungan karbonnya. Sedangkan data sekunder berupa Peta Alur Pelayaran Bengkulu DISHIDROS TNI AL (Bathimetri).

b. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif yang merupakan metode ilmiah karena memenuhi kaidah – kaidah ilmiah yaitu konkret, obyektif, terukur, rasional dan sistematis. Metode ini disebut metode kuantitatif karena data penelitian berupa angka – angka dan analisis menggunakan statistik atau model (Sugiyono, 2009 dalam Silalahi *et al.*, 2014).

Metode Penentuan Lokasi

Posisi stasiun pengambilan sampel sedimen ditetapkan dengan menggunakan metode *purposive sampling*, yaitu metode pengambilan sampel yang merepresentasikan keadaan keseluruhan. Metode *purposive sampling* ini merupakan metode penentuan titik pengambilan sampel berdasarkan pertimbangan dari peneliti (Onwuegbuzie dan Leech, 2007). Faktor yang menjadi pertimbangan adalah kemungkinan tingginya radioaktivitas pada perairan yang berdekatan dengan Provinsi Bengkulu (sebagai sumber), karena aktivitas radionuklida akan semakin rendah apabila jauh dari sumbernya. Selain itu kedalaman lokasi (bathimetri) juga menjadi pertimbangan karena menurut Seibold dan Berger (1993) sebaran sedimen di dasar laut tergantung pada kedalaman laut. Faktor lain yang menjadi pertimbangan adalah kondisi lingkungan Pulau Tikus yang tertutup gugusan karang. Penentuan titik lokasi dilakukan menggunakan GPS (*Global Position System*). Sedangkan pembuatan peta (Gambar 1) menggunakan *software ArcGis 10*.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Metode Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel sedimen laut dilakukan pada koordinat stasiun yang telah ditentukan dan di masukan dalam GPS. Sampel sedimen diambil sebanyak 1-2 kg dengan menggunakan *Sedimen Grab* dan dimasukkan dalam kantong plastik berlabel.

Metode Analisis Data

Metode Analisis ⁴⁰K pada Sedimen

Metode yang digunakan dalam menentukan konsentrasi ⁴⁰K merujuk pada metode yang digunakan oleh IAEA (2013). Sampel sedimen perairan Pulau Tikus, Bengkulu terlebih dahulu dihilangkan kadar airnya menggunakan oven dengan temperatur 80 °C. Selanjutnya dihaluskan menggunakan *grinder* dengan ukuran 50 mikron sehingga ukuran sedimen menjadi homogen. Sebanyak 1000 gram sampel diambil dan dimasukkan kedalam *marinelli* untuk dihitung aktivitasnya menggunakan spectrometer gamma.

Metode Analisis Butir Sedimen

Sampel sedimen dikeringkan menggunakan *microwave* untuk kemudian masuk ke tahap *sieving*. Pada tahap *sieving* sedimen diayak menggunakan *sieve shaker* sehingga terpisah sesuai ukuran butir (2,000 mm, 1,000 mm, 0,500 mm, 0,250 mm, 0,125 mm dan 0,0625 mm). Sedimen pada tiap ukuran butir kemudian ditimbang menggunakan timbangan analitik. Sampel sedimen dengan ukuran butir 0,0625 mm kemudian dipindahkan kedalam gelas ukur volume 1 liter yang berisi aquades, diaduk hingga homogen. Selanjutnya dilakukan pemipetan sebanyak 20 ml (jarak dan waktu pemipetan seperti pada tabel 1) untuk mengetahui ukuran butir sedimen yang sangat halus. Larutan dipindahkan ke dalam wadah bervolume 25 ml dan timbang wadah berisi larutan tersebut sehingga didapatkan massa larutan tersebut. Dengan menggunakan rumus perbandingan massa air dan massa sedimen ditentukan berat sedimen (Holme dan McIntyre, 1984).

Tabel 1. Jarak dan Waktu Pemipetan Sedimen

Waktu			Jarak Kedalaman Pemipetan dari Permukaan Air di Tabung (cm)	Diameter yang Diperoleh (mm)
Jam	Menit	Detik		
00	00	58	20	0,0625
00	01	56	10	0,0312
00	07	44	10	0,0156
00	31	00	10	0,0078
02	03	00	10	0,0039

(Sumber: Holme dan McIntyre, 1984)

Metode Analisis Karbon

Analisa kandungan karbon menurut U.S. Environmental Protection Agency (2005) dilakukan dengan mengambil sampel sedimen kering dua kali dengan berat masing-masing 10 g pada tiap stasiun. Sampel sedimen pertama digunakan untuk analisa *total organic carbon* dengan proses pengabuan 10 g sampel sedimen menggunakan *muffle furnace* dengan suhu 550 °C selama 5 jam. Kemudian timbang berat akhir setelah proses pengabuan sehingga didapat berat hilangnya. Berat yang hilang dinyatakan dalam persen dengan persamaan :

$$TOC = \frac{W_o - W_t}{W_o} \times 100\%$$

Dimana :

- TOC = Total Organic Carbon (%)
- W_o = berat awal (gram)
- W_t = Berat setelah pengabuan (gram)

Sample sedimen kedua digunakan untuk analisa *total carbon* dengan 10 g sampel sedimen direndam dalam HCl 6 M untuk menghilangkan *total inorganic carbon* kemudian bilas dengan aquades untuk menghilangkan kandungan garam (Ruttenberg, 1992). Keringkan kembali sampel sedimen menggunakan oven dengan suhu 80-100 °C hingga kandungan air menghilang. Setelah kering masukkan ke dalam *muffle furnace* dengan suhu 550 °C selama 5 jam dan timbang berat akhirnya sehingga didapat berat hilangnya. Berat yang hilang dinyatakan dalam persen dengan persamaan :

$$TC = \frac{W_o - W_s}{W_o} \times 100\%$$

Dimana :

- TC = Total Carbon (%)
- W_o = berat awal (gram)
- W_s = Berat setelah pengabuan (gram)

Sedangkan berat *total inorganic carbon* diperoleh dengan mengurangi berat hilang dari sampel kedua (*total carbon*) dengan berat hilang sampel pertama (*total organic carbon*) (Bernard et al., 1979).

Metode Analisis Regresi

Analisa regresi dilakukan terhadap nilai aktivitas ⁴⁰K sebagai variabel bebas (X), sedangkan variabel terikat (Y) merupakan data kandungan karbon dan ukuran butir sedimen. Analisa dilakukan dengan pembuatan grafik dan pengolahan data menggunakan Microsoft Exel. Hasil yang didapat dari pembuatan grafik dan pengolahan data menggunakan Microsoft Exel adalah koefisien determinasi (R²) yaitu, besarnya keragaman (informasi) di dalam variabel Y yang dapat diberikan oleh model regresi yang didapatkan. Nilai R² berkisar antara 0 s.d. 1. Semakin besar nilai R², semakin baik model regresi yang diperoleh (Walpole, 1992).

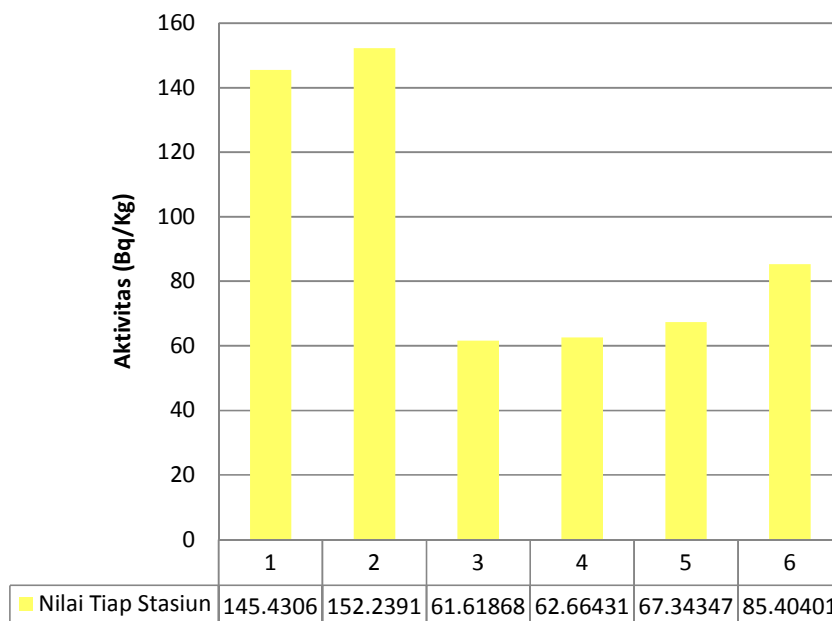
3. Hasil dan Pembahasan

Hasil analisa kandungan radionuklida ⁴⁰K pada sedimen seperti yang ditunjukkan ditunjukkan pada Tabel 2, memiliki konsentrasi antara 61,62 - 152,24 Bq/kg dengan rata-rata 95,78Bq/Kg. Aktivitas dengan nilai tertinggi terdapat pada stasiun 2 dan aktivitas terendah terdapat pada Stasiun 3.

Tabel 2. Koordinat, kedalaman, dan konsentrasi ⁴⁰K dalam sampel sedimen

Stasiun	Koordinat Stasiun		Kedalaman dm	⁴⁰ K
	BT	LS		
1	102°10'59,22"	3°50'5,02"	140	145,43 ± 6,68
2	102°10'53,3"	3°50'0,4"	165	152,24 ± 7,04
3	102°10'47,36"	3°50'8,82"	10,6	61,62 ± 2,93
4	102°10'45,73"	3°50'14,67"	7,5	62,66 ± 2,97
5	102°10'49,78"	3°50'16,42"	7	67,34 ± 3,19
6	102°10'29,65"	3°50'48,5"	180	85,4 ± 4,03

(Sumber: Pengolahan Data, 2015)



Gambar 2. Grafik Konsentrasi ⁴⁰K.

Nilai konsentrasi ⁴⁰K yang terdeteksi masih rendah jika dibandingkan dengan ambang batas maksimum (*exemption level*) yang ditetapkan UNSCEAR (*United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation*) sebesar 10.000 Bq/kg (Wijaya, 2013). Rendahnya konsentrasi radionuklida alam ini menunjukkan belum terjadi pengkayaan radionuklida alam akibat proses pertambangan dan industri.

Nilai aktivitas ^{40}K yang paling tinggi terdapat pada stasiun 1 dan 2 dengan nilai 145,43 Bq/kg dan 152,42 Bq/kg (tabel 2). Dilihat dari lokasi (gambar 1), stasiun 1 dan 2 berada paling dekat dengan Pulau Sumatera yang kemungkinan terjadi proses resuspensi lebih kuat dibandingkan dengan stasiun lain. Proses resuspensi ini juga didukung oleh karakteristik morfologi Pulau tikus yang memiliki perbedaan kedalaman yang sangat drastis. Hal ini sesuai dengan pendapat Papaefthymiou *et al.* (2013) bahwa radionuklida alami berasosiasi dengan partikel melalui bermacam proses, salah satunya yaitu resuspensi. Resuspensi sedimen menyebabkan pengadukan sedimen, sehingga sedimen yang telah mengendap di dasar laut terangkat ke atas. Sedimen yang terangkat ke atas kemudian akan diangkut oleh arus laut menuju tempat pengendapan yang baru pada perairan yang relatif tenang. Resuspensi juga mengakibatkan konsentrasi berbagai elemen di dalam sedimen pada umumnya lebih tinggi dibanding konsentrasinya di dalam air (Bryan dan Langston, 1992).

Hubungan Radionuklida ^{40}K dengan Jenis Sedimen dan Karbon

Nilai regresi (R^2) antara persentase jenis sedimen dan kandungan karbon dengan radionuklida ^{40}K menunjukkan hubungan yang lemah hingga kuat (tabel 3). Namun setelah stasiun dikelompokkan menjadi kelompok stasiun dengan kedalaman ≥ 140 dm dan kedalaman $\leq 10,6$ dm beberapa nilai regresinya (R^2) menunjukkan adanya hubungan yang sangat kuat. Seperti pada stasiun dengan kedalaman ≥ 140 dm antara lanau ^{40}K ($R^2 = 0,9984$); dan pada kedalaman $\leq 10,6$ dm antara organik karbon dengan ^{40}K ($R^2 = 0,9894$) dan lanau dengan ^{40}K ($R^2 = 0,9813$) (tabel 15).

Tabel 3. Hubungan Radionuklida ^{40}K dengan Jenis Sedimen dan Karbon.

	Kandungan Karbon			Jenis Sedimen		
	Organik	Anorganik	Total	Pasir	Lanau	Lempung
^{40}K	0,3983	0,0989	0,3605	0,1606	0,1837	0,6676
^{40}K kedalaman ≥ 140 dm	0,0003	0,759	0,498	0,5266	0,9984	0,4478
^{40}K kedalaman $\leq 10,6$ dm	0,9894	0,0611	0,2552	0,6194	0,9813	0,0016

(Sumber: Data Lapangan, 2015)

Perbandingan persentase jenis sedimen dan kandungan karbon menunjukkan hubungan lemah sampai kuat yang sesuai dengan penelitian Al-Sharkawy *et al.* (2012) yang menunjukkan lemahnya hubungan antara radionuklida alam dengan karakteristik sedimen, seperti total material organik dan karbonat (dalam bentuk CaCO_3). Hal ini juga menunjukkan bahwa selain jenis sedimen dan kandungan karbon, aktivitas radionuklida ^{40}K dipengaruhi variabel lain.

Setelah dilakukan pengelompokan stasiun berdasarkan kedalaman ≥ 140 dm dan $\leq 10,6$ dm aktivitas ^{40}K dengan persentase jenis sedimen dan kandungan karbon menunjukkan hubungan bervariasi dari sangat lemah hingga sangat kuat (R^2 berkisar antara 0,0003 – 0,9984) (tabel 3). Hubungan ini menunjukkan bahwa persentase jenis sedimen dan kandungan karbon dapat mempengaruhi nilai beberapa aktivitas ^{40}K yang kemungkinan besar terkait sifat senyawanya. Seperti ^{40}K yang memiliki hubungan dengan ukuran jenis sedimen lanau ($R^2 = 0,9813$) dan material organik ($R^2 = 0,9894$). Hal ini kemungkinan karena sifat kalium terikat pada mineral feldspar (KAlSi_3O_8) dan tingginya kandungan kuarsa (SiO_2) pada tekstur sedimen lanau. Menurut Blatt (1982) tekstur lanau pada kedalaman kurang dari 30 meter mengandung 20-25% mineral kuarsa (SiO_2), 10% alkali feldspar (KAlSi_3O_8) dan 15-20% bahan organik. Bahan organik juga dapat meningkatkan kapasitas tukar kation sehingga mengikat kalium dengan kekuatan sedang.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan bahwa radionuklida ^{40}K yang terkandung dalam sedimen dasar dengan nilai antara 61,62 - 152,24 Bq/kg tergolong rendah dan menunjukkan belum terjadi pengkayaan radionuklida alam akibat proses pertambangan dan industri. Perbandingan persentase jenis sedimen dan kandungan karbon menunjukkan hubungan sangat lemah sampai kuat dengan aktivitas radionuklida ^{40}K (R^2 berkisar antara 0,0989 - 0,6676). Setelah dilakukan pengelompokan stasiun berdasarkan kedalaman ≥ 140 dm dan $\leq 10,6$ dm aktivitas ^{40}K dengan persentase jenis sedimen dan kandungan karbon menunjukkan hubungan bervariasi dari sangat lemah hingga sangat kuat (R^2 berkisar antara 0,0003 - 0,9984) (tabel 3). Persentase jenis sedimen dan kandungan karbon mempengaruhi nilai beberapa aktivitas ^{40}K karena sifat kimia senyawanya.

Daftar Pustaka

Al-Sharkawy A., M.T. Hiekal, M.I. Sherif and H.M. Badran. 2012. Environmental Assessment of Gamma-Radiation Levels in Stream Sediments Around Sharm El-Sheikh, South Sinai, Egypt. *Journal of Environmental Radioactivity*. 112: 76-82.

Bernard, B.B., H. Bernard, and J.M. Brooks. 1979. Determination of Total Carbon, Total Organic. TDI-Brooks International/B&B Laboratories Inc. College Station, Texas.

- Blatt, H. 1982. Sedimentary Petrology. W. H. Freeman and Company. New York.
- Bryan, G.W. and Langston, W.J. (1992). Bioavailability, accumulation and effects of heavy metals in sediments with special reference to United Kingdom estuaries: a review. *Environmental Pollution* 76: 89-131.
- Dowdall, M., dan A. Lepland. 2012. Elevated Levels of Radium-226 and Radium-228 in Marine Sediments of The Norwegian Trench (“Norskrenna”) and Skagerrak. *Marine Pollution Bulletin*. 64: 2069–2076.
- El-Reefy, H.I., T. Sharshar, R. Zaghoul, dan H.M. Badran. 2006. Distribution of Gamma-Ray Emitting Radionuclides in The Environment of Burullus Lake: I. Soils and Vegetations. *Journal of Environmental Radioactivity*. 87: 148-169.
- Holme, and McIntyre. 1984. An Introduction to Coastal. New York: Harper and Row Publisher.
- International Atomic Energy Agency (IAEA). 2013. Almera Proficiency Test: Determination of Natural and Artificial Radionuclides in Soil and Water. IAEA Analytical Quality in Nuclear Applications Series No. 32.
- Onwuegbuzie, A.J. dan N.L. Leech. 2007. A Call for Qualitative Power Analyses. *Quality & Quantity*. 41:105–121.
- Papaefthymiou H., D. Athanasopoulos, G. Papatheodorou, M. Iatrou, M. Geraga, D. Christodoulou, S. Kordella, E. Fakiris, and B. Tsikouras. 2013. Uranium and other natural radionuclides in the sediments of a Mediterranean fjord-like embayment, Amvrakikos Gulf (Ionian Sea), Greece. *Journal of Environmental Radioactivity*. 122: 43-54.
- Pujol, L., dan J. A. Sanchez-Cabeza. 2000. Natural And Artificial Radioactivity in Surface Waters of The Ebro River Basin (Northeast Spain). *Journal of Environmental Radioactivity*. 51: 181-210.
- Ruttenberg, K.C. 1992. Development of a Sequential Extraction Method for Different Forms of Phosphorus in Marine-Sediments. *Limnology and Oceanography* 37: 1460–1482.
- Silalahi, C., Muslim, dan H. Suseno. 2014. Distribusi Cesium-137 (¹³⁷Cs) di Perairan Bangka Selatan Sebagai *Base Line* Data Radionuklida di Perairan Indonesia. *Jurnal Oseanografi*. 3(1): 36-42.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). 2005. Standard Operating Procedure for Analysis of Total Organic Carbon in Sediments (Dry Combustion, IR Detection). Sampling and Analytical Procedures for GLNPO’s WQS. LG601, Revision 04.
- Walpole, R.E. 1992. Pengantar Statistika. Edisi ke-3. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Wijaya, G.S. 2013. Kontribusi Dosis Radiasi Eksternal dari Pengolahan Bijih Emas Secara Tradisional di Kulonprogo. PTAPB-BATAN. hlm.328-333.