

INVESTIGASI KANDUNGAN RADIOISOTOP DALAM SAMPEL BATUAN DI MUARA SUNGAI SUMLILI KUPANG BARAT

Yosefina Molo, Jehunias Leonidas Tanesib, Bartholomeus Pasangka

Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Jln. Adisucipto-Penfui, Kupang, 85228, Indonesia

email: b.pasangka@staf.undana.ac.id

Abstrak

Masalah pokok yang dikaji di penelitian ini adalah pemetaan dan analisis aktivitas jenis kandungan radioisotop dalam sampel batuan di muara sungai Sumlili Kupang Barat. Tujuan penelitian meliputi: menentukan range cacah dan aktivitas jenis massa (C) kandungan radioisotop dalam sampel pasir di muara sungai Sumlili Kupang Barat, mengestimasi tingkat kontaminasi radioisotop sesuai standar di sekitar muara sungai Sumlili, dan memetakan sebaran cacah radioisotop pada luasan daerah tertentu yang terjangkau survei di lapangan. Metode penelitian meliputi: observasi/survei, sampling, serta analisis dan interpretasi data. Kisaran cacah radiasi di lapangan, di laboratorium, dan nilai aktivitas jenis massa kandungan radioisotop dalam 52 sampel pasir dari lokasi penelitian di muara sungai Sumlili Kupang Barat secara berturut-turut adalah 19 cpm sampai dengan 60 cpm, 29 cpm sampai dengan 73 cpm, dan $0,107 \times 10^{-5} \mu\text{Ci}/\text{gram}$ sampai dengan $0,269 \times 10^{-5} \mu\text{Ci}/\text{gram}$. Berdasarkan kontur dan kurva tiga dimensi radiasi cacah radioisotop dalam sampel pasir di lapangan dan di laboratorium serta kontur dan kurva tiga dimensi aktivitas jenis massa di muara sungai Sumlili Kupang Barat dapat diketahui bahwa sebaran kontaminasi radioisotop di muara sungai Sumlili Kupang Barat lebih tinggi ke arah barat dan cenderung menurun ke arah timur. Hasil perhitungan aktivitas jenis massa kandungan radioisotop dalam sampel pasir di muara sungai Sumlili Kupang Barat, termaksud dalam kontaminasi rendah untuk radiasi alpha (α) dan beta (β), namun daerah ini perlu diwaspadai karna terdapat beberapa titik di lapangan, cacah radiasi nuklir kandungan radioisotop dalam deposit mineral cukup tinggi melebihi standar IAEA.

Kata kunci: Radioisotop, Aktivitas Jenis Massa, Daerah Kontaminasi.

Abstract

The main problem studied in this study is mapping and analyzing the activity of the types of radioisotope content in rock samples at the mouth of the Sumlili river in West Kupang. The research objectives included: determining the counting range and mass type activity (C) radioisotope content in the sand samples at the Sumlili River mouth in West Kupang, estimating the level of radioisotope contamination according to the standards around the Sumlili river estuary, and mapping the distribution of radioisotope counts in the area covered by surveys in field. Research methods include: observation / survey, sampling, and analysis and interpretation of data. The range of radiation counts in the field, in the laboratory, and the value of the type of mass activity of radioisotope content in 52 sand samples from the study locations in the West Kupang Sumlili River are 19 cpm to 60 cpm, 29 cpm to 73 cpm, and $0.107 \times 10^{-5} \mu\text{Ci} / \text{gram}$ up to $0.269 \times 10^{-5} \mu\text{Ci} / \text{gram}$. Based on the three-dimensional contour and curve of radiation from radioisotope counts in sand samples in the field and in the laboratory and three-dimensional contours and curves the activity of mass types in the Sumlili estuary of West Kupang can be seen that the distribution of radioisotope contamination in the Sumlili estuary of West Kupang is higher west and tends to decline to the east. The results of the calculation of the type of mass activity of radioisotope content in sand samples at the mouth of the Sumlili River in West Kupang, are referred to in low contamination for alpha (α) and beta (β) radiation, but this area needs to be watched out for there are several points in the field, nuclear radiation in mineral deposits quite high exceeding IAEA standards.

Keywords: Radioisotopes, Mass Type Activities, Contamination Areas.

PENDAHULUAN

Dewasa ini pelaksanaan pembangunan di kota Kupang yang senantiasa dilaksanakan

berakibat pada meningkatnya kebutuhan akan konstruksi, seperti jalan, jembatan, perumahan dan gedung. Dalam bidang konstruksi, material

kontruksi yang paling banyak dipakai adalah beton. Penggunaan beton merupakan pilihan utama karena beton merupakan bahan dasar yang mudah dibentuk dengan harga yang relatif murah dibandingkan dengan bahan konstruksi lainnya.

Semakin meluasnya pemakaian struktur bangunan dari beton mengakibatkan meningkatnya kebutuhan bahan-bahan penyusun seperti pasir, kerikil, dan semen. Agregat halus atau dalam istilah yang populer disebut pasir merupakan bahan bangunan yang paling banyak dipakai dalam industri konstruksi, sehingga kebutuhan pasir setiap harinya sangat banyak apalagi di daerah kota yang pembangunannya sangat pesat.. Radioisotop merupakan isotop dari unsur radioaktif. Unsur radioaktif adalah unsur atau materi yang memiliki inti tidak stabil sehingga terjadi peluruhan dengan memancarkan salah satu partikel alpha, beta, atau gamma untuk mencapai kestabilan. Radiasi yang dihasilkan oleh radioisotop alam yang terkandung sangat berbahaya bagi kehidupan manusia. Seperti yang di ketahui bahwa sungai merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi kehidupan masyarakat, khususnya masyarakat di Sumlili Kupang Barat. Daerah ini memanfaatkan sungai sebagai ladang mata pencaharian yaitu dengan menambang pasir dan mengumpulkan kerikil.

Bedasarkan hasil penelitian sebelumnya Tay (2016) menunjukkan bahwa di Desa Oben Baun Kupang Barat terdapat kandungan radioisotop yang berkisar antara $0,099 \times 10^{-5} \mu\text{Ci/grams}$ ampai dengan $0,316 \times 10^{-5} \mu\text{Ci/gram}$, yang tergolong kontaminasi rendah untuk radiasi alpha dan beta. Sungai yang bermuara di Sumlili sebagian berasal dari sungai yang terdapat di Desa Oben-Baun. Oleh karena itu terdapat dugaan bahwa pasir di muara sungai Sumlili terkontaminasi radioisotop yang terbawa air dari Desa Oben Baun saat terjadi hujan deras[4]. Berdasarkan uraian di atas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Investigasi Kandungan Radioisotop Dalam Sampel Batuan di Muara Sungai Sumlili Kupang Barat”.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

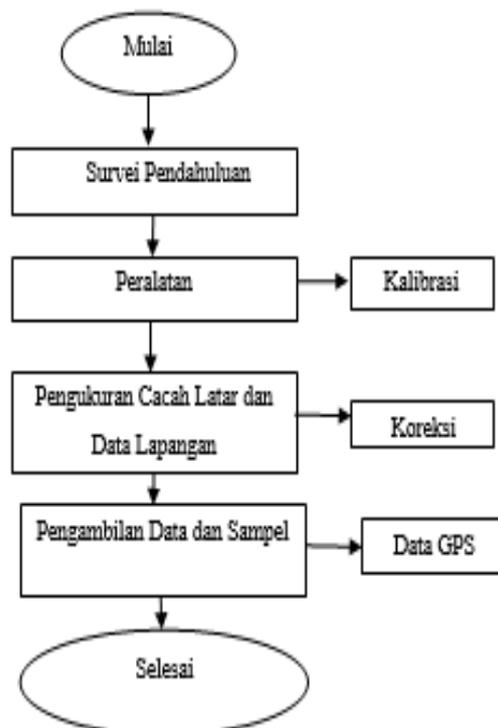
Lokasi penelitian dilakukan di muara sungai Sumlili Kecamatan Kupang Barat untuk pengambilan sampel, serta Laboratorium Fisika Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana untuk analisis sampel, yang berlangsung dari bulan Oktober 2018 sampai Februari 2019

Alat dan Bahan Penelitian

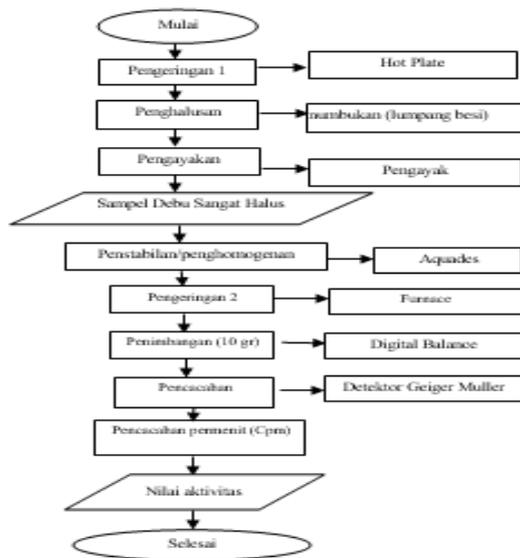
Alat pemanas (Hot plate), furnace, penumbuk (lumpang), pengayak, Neraca Digital (Digital Balance), Detektor Geiger Muller tipe Radalerat-50, mangkuk stainless steel, sendok sampel, meter, tali rafiak, alluminium foil, GPS tipe Garmin 12, Sampel lingkungan (pasir) dan aquades.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang akan digunakan adalah observasi, sampling, mapping, analisis dan interpretasi.



Gambar 1. Diagram alir di Lapangan.

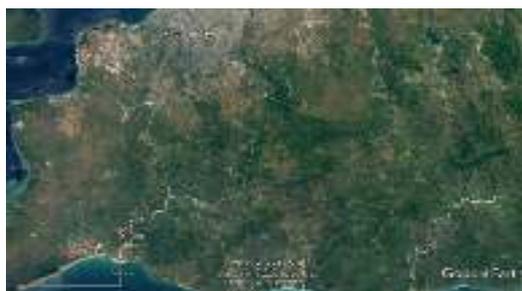


Gambar 2. Diagram alir penelitian di laboratorium pada sampel pasir.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di muara sungai Sumlili Kupang Barat yang berjarak kurang lebih 60 km dari kota kupang. Luas daerah penelitian yang diambil seluas 20.800 m². Ketinggian dari tempat berkisar antara 7 sampai 9-meter dari permukaan laut. Daerah ini didominasi oleh pasir sungai dan merupakan daerah penambangan dan penggalian pasir.



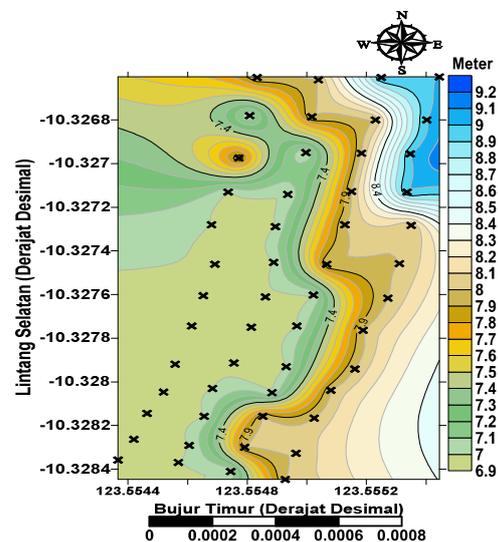
Gambar 3. merupakan titik lokasi penelitian yang diambil dari Google Earth.

Lokasi penelitian ini berupa muara sungai yang merupakan daerah penghujung dari sungai yang bertemu dengan laut selatan. Sungai di daerah ini dikategorikan sebagai jenis sungai periodic atau jenis sungai yang aliran airnya tidak tetap sepanjang tahun, yakni pada saat musim penghujan aliran airnya besar, sedangkan pada musim kemarau aliran airnya kecil bahkan tidak ada aliran air.

Berikut memperlihatkan daerah lokasi penelitian di muara sungai Sumlili Kupang Barat.



Gambar 4. Titik-titik pengambilan data dan sampel di lokasi penelitian.



Gambar 5. Kontur topografi di daerah muara sungai Sumlili Kupang Barat dalam skala derajat desimal.

Data Hasil Pengukuran dan Perhitungan

Dari hasil pengukuran di lapangan, di laboratorium, dan perhitungan aktivitas jenis massa kandungan radioisotop dalam sampel batuan di muara sungai Sumlili Kupang Barat tercantum seperti pada tabel 1.

Perhitungan terhadap aktivitas jenis massa kandungan radioisotop dalam sampel batuan di Desa Sumlili Kupang Barat dilakukan dengan menggunakan persamaan (1). Contoh perhitungan

$$C = \frac{cpm}{2.22 \times 10^6} \times \varepsilon \times \frac{1}{m} \times \frac{1}{y} \quad (1)$$

Dalam perhitungan faktor y terdiri dari beberapa komponen diantaranya yaitu geometri detektor dan geometri sampel, jarak dari detektor ke sampel, sudut ruang, window

detektor, dapat diambil pendekatan 1, karena semua komponen yang berpengaruh dapat di koreksi dengan baik. Contoh geometri detektor sampel: Window detektor dan tempat sampel mempunyai permukaan yang sama yaitu berbentuk lingkaran, sehingga radiasi dari sampel dapat ditangkap seluruhnya oleh permukaan detektor. Demikian pula dengan jarak detektor terhadap sampel dapat diatur, sehingga semua radiasi dari sumber dapat ditangkap seluruhnya oleh window detektor.

Tabel 1. data hasil pengukuran di lapangan, di laboratorium dan perhitungan aktivitas jenis massa :

Lintasan.1			
Kode Sampel	CPM (Lap)	CPM (Lab)	Nilai C (μCi/gram)
S.1.1	43	52	0,192
S.1.2	45	49	0,180
S.1.3	43	46	0,169
S.1.4	48	61	0,225
S.1.5	51	59	0,217
S.1.6	40	53	0,195
S.1.7	46	49	0,180
S.1.8	43	68	0,251
S.1.9	44	50	0,184
S.1.10	46	54	0,199
S.1.11	50	44	0,16
S.1.12	49	62	0,229
S.1.13	60	73	0,269

Lintasan.2			
Kode Sampel	CPM (Lap)	CPM (Lab)	Nilai C (μCi/gram)
S.2.1	40	58	0,214
S.2.2	41	52	0,192
S.2.3	40	41	0,151
S.2.4	43	39	0,144
S.2.5	37	44	0,162
S.2.6	39	45	0,166
S.2.7	43	51	0,188
S.2.8	37	43	0,158
S.2.9	39	41	0,151
S.2.10	31	49	0,144
S.2.11	28	38	0,140
S.2.12	32	31	0,114
S.2.13	29	32	0,118

Hal ini dapat dilakukan dengan cara menggunakan radioaktif standar yakni Cs-137 dengan energi standar sebesar 662 keV dan

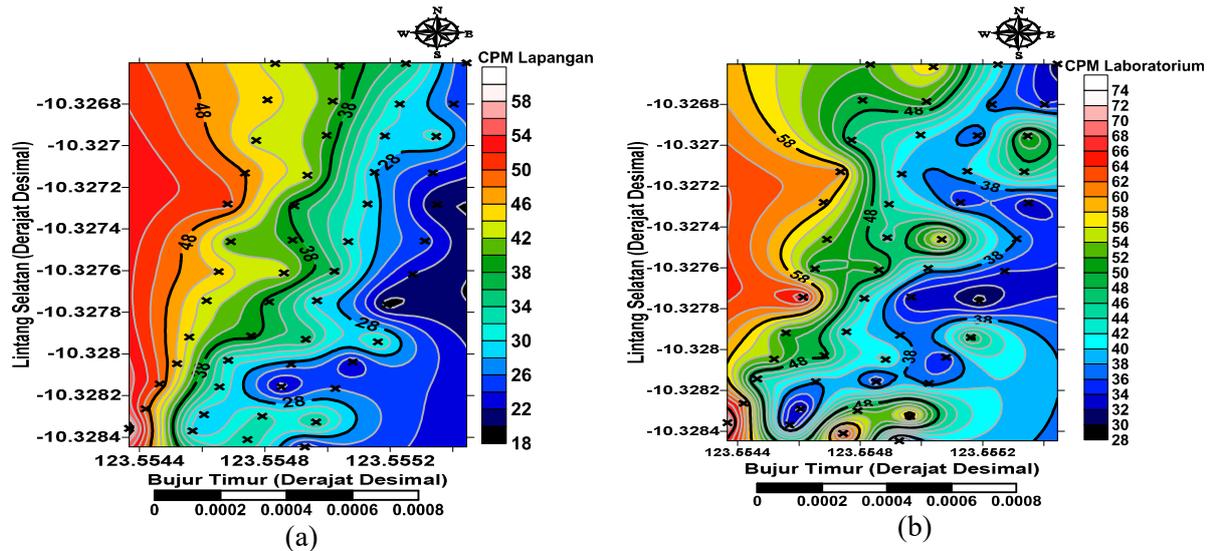
cacah standar 1050 cpm. Jarak detektor ke sumber dapat diatur sehingga cacah per menit dari sampel standar dapat menghasilkan 1050 cpm. Dapat diketahui bahwa window detektor dan sudut ruang telah terkoreksi pada koefisien detektor yang terpakai 0,82. Efisiensi detector sebesar 0,82 artinya radiasi dari suatu sumber hanya mampu ditangkap oleh detector sebesar 82%. Dengan demikian, maka persamaan 1 dapat menjadi:

$$C = \frac{cpm}{2.22 \times 10^6} \times \epsilon \times \frac{1}{m} \quad (2)$$

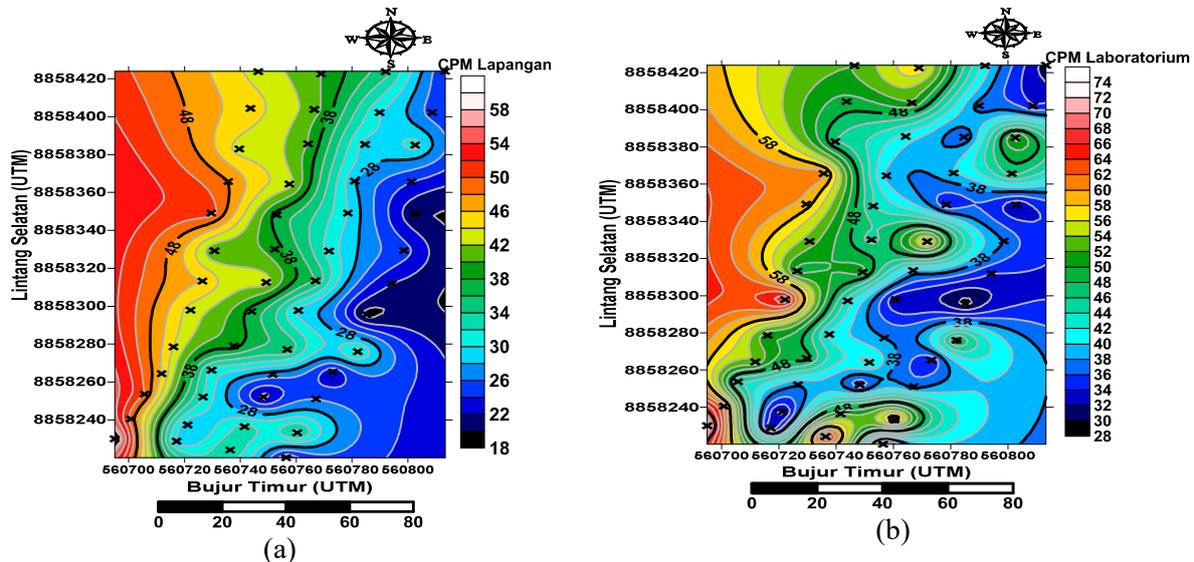
Lintasan.3			
KodeS ampel	CPM (Lap)	CPM (Lab)	Nilai C (μCi/gram)
S.3.1	35	41	0,151
S.3.2	30	37	0,136
S.3.3	29	36	0,132
S.3.4	28	40	0,147
S.3.5	30	34	0,125
S.3.6	31	58	0,214
S.3.7	36	39	0,144
S.3.8	29	32	0,118
S.3.9	36	38	0,140
S.3.10	27	43	0,158
S.3.11	21	34	0,125
S.3.12	33	52	0,192
S.3.13	34	67	0,225

Lintasan.4			
KodeS ampel	CPM (Lap)	CPM (Lab)	Nilai C (μCi/gram)
S.4.1	24	31	0,114
S.4.2	25	34	0,125
S.4.3	31	53	0,195
S.4.4	24	47	0,173
S.4.5	20	32	0,118
S.4.6	25	38	0,140
S.4.7	22	34	0,125
S.4.8	19	29	0,107
S.4.9	33	49	0,180
S.4.10	22	34	0,125
S.4.11	26	37	0,136
S.4.12	35	61	0,225
S.4.13	22	30	0,110

Dari hasil cacah lapangan, cacah laboratorium, dan nilai aktivitas jenis massa kandungan radioisotop, dapat diestimasi dengan membuat peta kontur cacah sebagai berikut:



Gambar 6. Kontur cacah kandungan radioisotope dalam sampel pasir di muara sungai Sumlili Kupang Barat (a) di Lapangan dan (b) di Laboratorium dalam skala derajat desimal.



Gambar 7. Kontur cacah radiasi kandungan radioisotope dalam sampel pasir di muara sungai Sumlili Kupang Barat (a) di Lapangan dan (b) di Laboratorium dalam skala UTM.

Pembahasan dan Intrepretasi

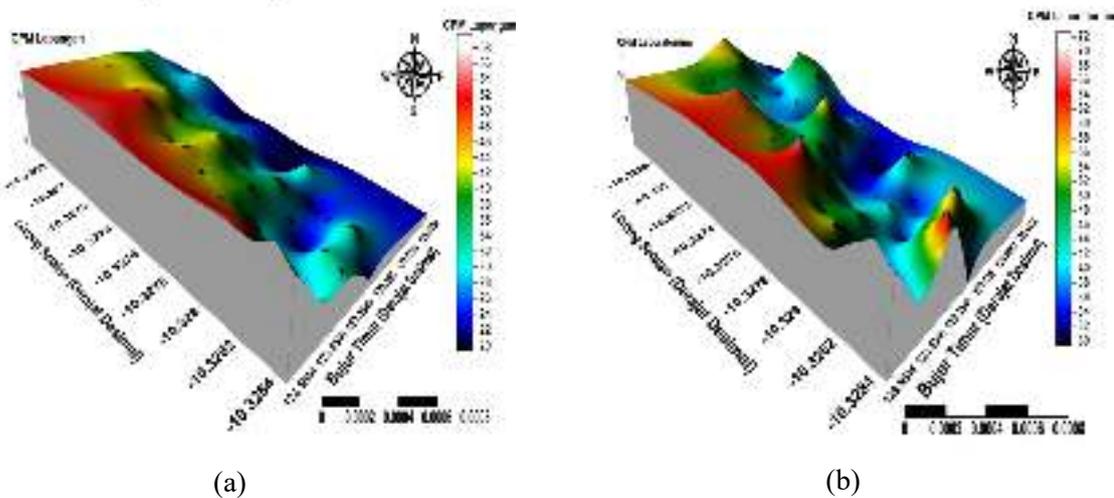
Kisaran cacah radiasi di lapangan, di laboratorium, dan nilai aktivitas jenis massa kandungan radioisotop dalam 52 sampel pasir dari lokasi penelitian di muara sungai Sumlili Kupang Barat seperti pada tercantum dalam tabel 4.1 secara berturut-turut adalah 19 cpm (titik ukur S4.8 lintasan 4) sampai dengan 60 cpm (titik ukur S1.13 lintasan 1), 29 cpm (titik ukur S4.8 lintasan 4) sampai dengan 73 cpm (titik ukur S1.13 lintasan 1), dan $0,107 \times 10^{-5} \mu\text{Ci}/\text{gram}$ sampai dengan $0,269 \times 10^{-5} \mu\text{Ci}/\text{gram}$. Kisaran cacah radiasi radioisotop di lapangan dan di laboratorium berada pada titik yang berbeda dan pada lintasan yang

sama. Cacah radiasi radioisotop di lapangan pada titik ukur S1.11 lintasan 1 (50 cpm) dan titik ukur S2.4 lintasan 2 (43 cpm) lebih tinggi dari cacah radiasi di laboratorium pada titik dan lintasan yang sama (44 cpm dan 39 cpm). Hal ini disebabkan oleh adanya unsur radioisotop dalam sampel yang mempunyai umur paruh pendek sehingga pada saat dilakukan pencacahan di laboratorium sudah ada unsur dalam sampel yang berada pada aras atau tingkat stabil. Selain itu, terdapat cacah radiasi radioisotop di lapangan pada titik ukur S1.8 (43 cpm), titik ukur S3.13 (34 cpm), titik ukur S4.3 (31 cpm), titik ukur S4.4 (24 cpm), dan titik ukur S4.12 (35 cpm) jauh

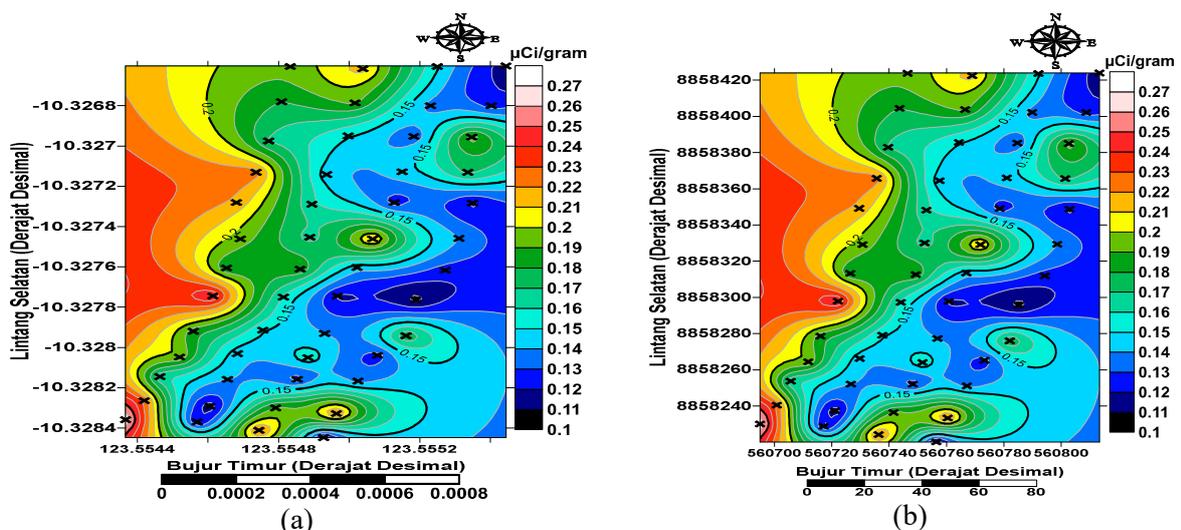
lebih rendah dibandingkan dengan cacah radiasi radioisotop di laboratorium yakni secara berturut-turut 68 cpm (beda 25 cpm), 67 cpm (beda 33 cpm), 53 cpm (beda 22 cpm), 47 cpm (beda 23 cpm), dan 61 cpm (beda 26 cpm). Perbedaan cacah radiasi dengan rentan yang cukup jauh ini disebabkan oleh adanya lapisan batuan yang menghalangi pencacahan di titik-titik tersebut, sehingga detektor yang digunakan kurang menangkap radiasi yang dipancarkan.

Secara umum dapat dikemukakan bahwa cacah radiasi radioisotop di laboratorium dalam sampel lebih tinggi apabila dibandingkan dengan cacah radiasi

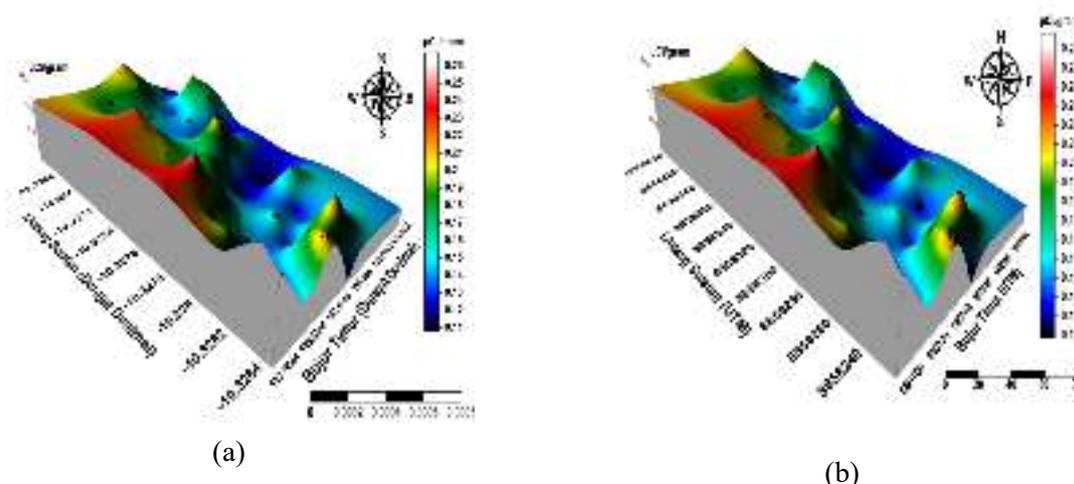
radioisotop di lapangan, karena sampel yang dicacah di laboratorium telah diproses menjadi debu yang sangat halus sehingga ikatan asosiasi unsur-unsurnya menjadi lepas dan unsur bersifat radioaktif sehingga mudah memancarkan radiasi nuklir. Hal ini menunjukkan bahwa sampel di lapangan bercampur dengan bahan atau materi lain, sehingga saat sampel dianalisis di laboratorium hingga tahap pembersihan atau pemisahan menggunakan aquades baru didapatkan sampel yang baik dan ketika dicacah menunjukkan hasil cpm yang lebih tinggi dibanding cacah lapangan.



Gambar 8. Kurva tiga dimensi cacah radiasi kandungan radioisotope dalam pasir di muara sungai Sumlili Kupang Barat (a) di Lapangan dan (b) di Laboratorium dalam skala derajat desimal.



Gambar 9. Kontur aktivitas jenis massa kandungan radioisotope dalam sampel pasir di muara sungai Sumlili Kupang Barat dalam (a) skala derajat decimal dan (b) skala UTM



Gambar 10. Kontur tiga dimensi aktivitas jenis massa kandungan radioisotope dalam sampel pasir di muara sungai Sumlili Kupang Barat dalam (a) skaladerajat decimal dan (b) skala UTM.

Berdasarkan kontur dan kurva tiga dimensi radiasi cacah radioisotop dalam sampel pasir di lapangan dan di laboratorium serta kontur dan kurva tiga dimensi aktivitas jenis massa di muara sungai Sumlili Kupang Barat (Gambar 3 sampai 5), maka dapat diketahui bahwa sebaran kontaminasi radioisotop di muara sungai Sumlili Kupang Barat lebih tinggi ke arah barat dan cenderung menurun ke arah timur. Kurva tiga dimensi dan kontur cacah radiasi kandungan radioisotop berdasarkan cacah per menit di lapangan dan cacah per menit di laboratorium pada sampel pasir pada umumnya sesuai, kecuali dibagian barat lokasi suivei cacah per menit di lapangan lebih rendah dari cacah dilaboratorium. Hal ini disebabkan oleh ketinggian di lokasi atau topografi yang cenderung lebih rendah ke arah barat dan lebih tinggi ke arah timur sehingga unsur radionuklida semakin banyak mengendap di daerah yang ketinggiannya lebih rendah.

Sumber radioisotop di lokasi muara sungai Sumlili Kupang Barat berasal dari aliran air sungai dari desa Oben Baun, dimana sumber radioisotopnya berada pada sebuah bukit. Pada saat musim hujan ada dugaan unsur radionuklida dan material batuan berukuran kecil ditempat tersebut ikut terbawah aliran air hujan menuju sungai. Adapun distribusi kandungan radioisotop yang terkandung dalam contoh sampel yang ada di muara sungai Sumlili Kupang Barat, juga di pengaruhi oleh arah aliran sungai yang secara gravitasi membawa unsur radioaktif dan material batuan berukuran kecil dari

daerah hulu sungai menuju ke hilir yaitu muara sungai Sumlili Kupang Barat.

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya Tay (2016) di sumber radioisotop di desa Oben Baun Kupang Barat, kisaran cacah radiasi radioisotop di lapangan dan di laboratorium yaitu sebesar 15 cpm sampai 93 cpm dan 28 cpm sampai 92 cpm. Secara umum dapat dikemukakan bahwa cacah radioisotop di sumber radioisotop di desa Oben Baun Kupang Barat lebih tinggi dari cacah radioisotop di muara sungai Sumlili Kupang Barat, karena di desa Oben Baun merupakan daerah sumber radioisotop yang berasal dari radioisotop alam yang dipancarkan dari radionuklida dari dalam kerak bumi[4].

Aktivitas radioisotop yang terkandung dalam sampel pasir yang ada di muara, penyebarannya dipengaruhi juga oleh kecepatan arus. Dimana, di muara sungai pada musim penghujan aliran air sungainya banyak dengan kecepatan arus deras, sedangkan pada musim kemarau air sungainya sedikit dengan kecepatan arus kecil, sehingga pada saat musim penghujan unsur radionuklida yang terbawa terendap di daerah tersebut sehingga pasir yang ada dilokasi terkontaminasi unsur radioisotop alam. Hal ini sesuai dengan pendapat Alaerts dan Santika (1984), bahwa kecepatan arus mempengaruhi distribusi pencemaran radioaktivitas sehingga tersebar luas ke lingkungan karena pergerakan massa air yang memungkinkan penyebaran radioaktif walaupun sumbernya jauh dari tempat tersebut.

Konsentrasi radioaktif (aktivitas rerata) alpha (α) dan beta (β) yang terlarut dalam air juga dipengaruhi oleh musim [1]. Adanya perbedaan musim berpengaruh terhadap konsentrasi radioaktivitas. Dimana penelitian yang dilakukan pada musim kemarau, sehingga kandungan radioaktivitas partikel alpha (α) dan beta (β) akan lebih tinggi pada musim kemarau apabila dibandingkan dengan musim hujan. Hal ini dikarenakan pada musim hujan terjadi pengenceran dalam sungai karena kenaikan debit air yang lebih besar, sedangkan pada musim kemarau kandungan radioaktivitas partikel alpha (α) dan beta (β) lebih tinggi karna terkonsentrasi. Hal ini sesuai dengan cacah per menit dilapangan yang menunjukkan bahwa pada lintasan pertama S1.1 sampai S1.3 dan lintasan kedua S2.1 sampai S2.9 kontaminasi radioisotop cukup tinggi.

Akan tetapi dari hasil perhitungan aktivitas jenis massa kandungan radioisotop dalam sampel pasir di muara sungai Sumlili Kupang Barat, termaksud dalam kontaminasi rendah untuk radiasi alpha (α) dan beta (β). Namun, daerah ini perlu diwaspadai karna terdapat beberapa titik di lapangan, cacah radiasi nuklir kandungan radioisotop dalam deposit mineral cukup tinggi melebihi standar IAEA yakni 33 cpm [2,3].

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan uraian pada pembahasan di atas, maka dapat ditarik kesimpulan:

Kisaran cacah radiasi nuklir radioisotop di lapangan dan di laboratorium dalam sampel batuan di muara sungai Sumlili Kupang Barat berturut-turut berkisar antara 19 cpm sampai dengan 60 cpm dan 27 cpm sampai 73 cpm. Sedangkan kisaran aktivitas jenis massa (C) kandungan radioisotop dalam 52 cuplikan sampel batuan di muara sungai Sumlili Kupang Barat berkisar antara $0,107 \times 10^{-5} \mu\text{Ci/gram}$ sampai dengan $0,269 \times 10^{-5} \mu\text{Ci/gram}$.

Kontaminasi radioisotop pada daerah ini masih tergolong kontaminasi rendah untuk radiasi alpha dan beta, yaitu berkisar antara $0,107 \times 10^{-5} \mu\text{Ci/gram}$ sampai dengan $0,269 \times 10^{-5} \mu\text{Ci/gram}$ yaitu kurang dari $9,99 \times 10^{-5} \mu\text{Ci/gram}$ untuk radiasi alpha dan $99,9 \times 10^{-5} \mu\text{Ci/gram}$ untuk radiasi beta.

Sebaran atau distribusi kandungan radioisotop di muara sungai Sumlili Kupang Barat yang dapat dijangkau survey terdistribusi lebih tinggi ke arah barat dan cenderung menurun ke arah timur. Hal ini disebabkan oleh ketinggian di lokasi atau topografi yang cenderung lebih rendah ke arah barat dan lebih tinggi ke arah timur sehingga unsure radionuklida semakin banyak mengendap di daerah yang ketinggiannya lebih rendah.

SARAN

Sumber radioisotop di daerah ini yang berasal dari aliran air sungai di desa Oben Baun yang membawa akumulasi material dan radionuklida menuju muara sungai Sumlili Kupang Barat, sehingga perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai kandungan radioisotop alam di aliran air sungai di tempat ini yang diduga terkontaminasi radionuklida alam.

DAFTAR PUSTAKA

1. Alaerts Santika. 1984. *Metoda Penelitian Air*. Usaha Nasional: Surabaya.
2. ElBaradei M. 2003. *Categorization of Radioactive Sources*, IAEA, Australia
3. ElBaradei M. 2004. *Remediation of Areas Contaminated by Past Activities and accidents*. Safety Standards Series no. WS-R, IAEA Vienna Austria.
4. Tay M. 2016. *Kajian Kandungan Radioisotop Alam Dalam Sampel Batuan di Desa Oben Baun Kupang Barat Dengan Teknik Analisis Radioaktivitas Lingkungan*. Skripsi: UNDANA.