Jurnal Fisika Unand (JFU)
Vol. 14, No. 3, Mei 2025, hal. 255 – 262
ISSN: 2302-8491 (Print); 2686-2433 (Online)
https://doi.org/10.25077/jfu.14.3.255-262.2025

Open Access

Analisis Aktivitas Spesifik Radionuklida di Kawasan Balai Penelitian Ternak Unggul dan Hijauan Pakan Ternak (BPTU-HPT) Padang Mangatas Sumatera Barat

Nadia Regiska[1], Dian Milvita[1*], I Gde Sukadana[2], Erawan Effendi[2], Syarifah Ramadhani[2]
[1]Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Andalas, Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia
[2] Laboratorium Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi, Pusat Riset Teknologi Keselamatan Metrologi dan Mutu Nuklir, Badan Riset Inovasi Nasional
Jl. Lebak Bulus Raya No. 49, Jakarta Selatan, 12440

Info Artikel

Histori Artikel:
Diajukan: 13 Februari 2025
Direvisi: 20 April 2025
Diterima: 15 Mei 2025

Kata kunci:
Aktivitas spesifik
Radionuklida
Spektrometer gamma

ABSTRAK

Telah dilakukan analisis aktivitas spesifik radionuklida di kawasan Balai Penelitian Ternak Unggul dan Hijauan Pakan Ternak (BPTU-HPT) Padang Mangatas, Sumatera Barat. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan aktivitas spesifik radionuklida alam Ra-226, Th-232, Th-228, K-40 dan U-238 dan radionuklida buatan Cs-137, serta menentukan distribusi radionuklida berdasarkan peta kontur mengunakan *software surfer 13*. Sampel yang diukur terdiri dari tanah sebanyak 18 sampel masing-masing 1 kg pada kedalaman (0-10) cm, (10-20) cm dan (20-30) cm di 6 titik lokasi, rumput sebanyak 6 sampel, masing-masing sebanyak 2 kg pada 6 titik lokasi, dan air sebanyak 3 sampel, masing-masing sebanyak 2 liter pada 3 titik lokasi. Penelitian diawali dengan preparasi sampel, kemudian diukur selama 17 jam menggunakan spektrometer gamma yang terkalibrasi. Aktivitas spesifik radionuklida Ra-226, Th-232, Th-228, K-40, U-238 dan Cs-137 pada beberapa sampel tanah dan rumput terdeteksi tetapi tidak terdeteksi pada sampel air. Hasil Aktivitas spesifik radionuklida alam pada sampel tanah dan rumput berada di bawah batas maksimum yang ditetapkan PERKA BAPETEN NO.16 Tahun 2013 yaitu 1000 Bq/kg. Radionuklida Cs-137 di bawah batas maksimum yang ditetapkan PERKA BAPETEN No. 16 tahun 2012 yaitu 100 Bq/kg. Distribusi radionuklida rata-rata banyak terdapat pada tanah kedalaman (10-20) cm.

Keywords:
Specific activity
radionuclide
gamma spectrometer

Penulis Korespondensi:
Dian Milvita
Email: dianmilvita@sci.unand.ac.id

Specific activity analysis of radionuclides in the area of the Research Center for Superior Livestock and Green Animal Feed (BPTU-HPT) Padang Mangatas, West Sumatra. This study aims to determine the specific activity of natural radionuclides Ra-226, Th-232, Th-228, K-40 and U-238 based on PERKA BAPETEN NO.16 of 2013 and artificial radionuclides Cs-137 based on PERKA BAPETEN NO.16 of 2012 and determine the distribution of radionuclides based on contour maps using Surfer 13 software. The measured samples consisted of 1 kg of soil at a depth of (0-10) cm, (10-20) cm and (20-30) cm at 6 location points, 2 kg of grass, and 2 liters of water. as much as 2 liters. The study began with sample preparation, then measured for 17 hours using a calibrated gamma spectrometer. The measurement results showed the specific activity of radionuclides Ra-226, Th-232, Th-228, K-40, U-238 and Cs-137 in some soil and grass samples but were not detected in water samples. Specific activities of natural radionuclides in soil and grass samples are below the maximum limit set by PERKA BAPETEN NO.16 of 2013 which is 1000 Bq/kg and Cs-137 is below the maximum limit set by PERKA BAPETEN No. 16 of 2012 which is 100 Bq/kg. The average radionuclide distribution is mostly found in the soil at a depth of (10-20) cm.

Copyright © 2025 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Manusia menerima paparan radiasi yang bersumber dari radionuklida alam dan buatan. Radionuklida buatan adalah radionuklida yang sengaja dibuat manusia dengan tujuan tertentu ataupun hasil dari kegiatan nuklir yang kemunculannya tidak disengaja. Radionuklida alam merupakan isotop radioaktif yang sudah ada secara alami sesuai dengan lingkungan dan umur material penyusunnya sejak bumi terbentuk. Radionuklida dapat masuk ke dalam tubuh makhluk hidup melalui rantai makanan, baik langsung maupun tidak langung seperti melalui konsumsi ternak maupun produk-produk turunannya (Akhadi, 2021). Radionuklida yang masuk ke dalam tubuh akan menyebabkan mutasi gen dan terjadinya kerusakan pada jaringan tubuh manusia Syaifudin (2023). Keberadaan radionuklida di lingkungan dapat diketahui dengan melakukan pemantauan laju dosis radiasi gamma dan nilai aktivitas spesifik radionuklida.

Pemantauan aktivitas spesifik radionuklia telah dilakukan Murniasih dan Sukirno (2019) tentang distribusi aktivitas spesifik radionuklida alam Ra-226, Ra-228, Th-232 dan K-40 di sekitar PLTU Rembang, Jawa Tengah. Sampel yang digunakan adalah air, tanah dengan kedalaman (0-10) cm dan tanaman berupa daun singkong yang diukur menggunakan spektrometer gamma. Berdasarkan hasil peta kontur distribusi aktivitas spesifik di daerah sekitar PLTU masih di bawah batas ambang dosis yang direkomendasikan oleh UNSCEAR 2000 dan PERKA BAPETEN No.7 Tahun 2013.

Penelitian terkait aktivitas spesifik radionuklida pada bahan pangan juga telah dilakukan oleh Oladele, et al (2023) di Nigeria. Hasil penelitian diperoleh aktivitas spesifik Ra-226 dan Th-232 pada beberapa tanaman pangan memiliki nilai di atas batas ambang dosis yang direkomendasikan UNSCEAR 2000 dan World Health Organization (WHO). Berdasarkan penelitian Hatika, et al (2018) tentang penentuan radioaktif alam pada pupuk kimia menggunakan spektometer gamma, diperoleh hasil bahwa pupuk kimia yang digunakan pada tanaman seperti Urea, ZA, KCL, NPK, TSP dan Phospate mempunyai kandungan bahan radioaktif alami berupa U-238, Th-232, Ra-226 dan K-40.

Chaligava et al, (2022) melakukan penelitian tentang aktivitas spesifik radionuklida K-40, Th-232, U-238, U-235, dan Cs-137 pada tempat wisata di Moscow. Sampel berupa tanah kedalaman (0-5) cm dan (5-20) cm pada 15 daerah di Moskow. Berdasarkan pengukuran ada beberapa titik daerah yang memiliki nilai di atas batas ambang yang direkomendasikan UNSCEAR 2000. Penentuan aktivitas spesifik pada tempat wisata juga telah dilakukan oleh Yuliandari, et al (2022) di pemandian air panas Nagari Pariangan Sumatera Barat.

Husna et al, (2022) Melakukan penelitian tentang aktivitas spesifik radionuklida Cs-137 di peternakan susu sapi Kelompok Tani Sago di Nagari Kamuyang, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat. Sampel yang digunakan berupa tanah, air, rumput dan susu sapi. Nilai aktivitas spesifik Cs-137 yang terdeteksi pada beberapa sampel masih di bawah batas ambang dosis yang direkomendasikan sesuai PERKA BAPETEN No 16 Tahun 2012. Penelitian tentang aktivitas spesifik radionuklida Cs-137 juga telah dilakukan oleh Muthu et al, (2023) di Selangor, Malaysia. Penelitian menggunakan spektrometer gamma dengan sampel berupa tanah diberbagai lahan pertanian di Selangor. Aktivitas spesifik yang diperoleh masih di bawah ambang batas dosis yang direkomendasikan UNSCEAR 2000 dan ICRP.

Berdasarkan penelitian sebelumnya maka dilakukan pengukuran aktivitas spesifik radionuklida di Balai Penelitian Ternak Unggul dan Hijauan Pakan Ternak (BPTU-HPT) Padang Mangatas. BPTU-HPT Padang Mangatas merupakan sebuah lembaga penelitian yang berfokus pada pengembangan peternakan dan pakan ternak. BPTU-HPT Padang Mangatas terletak di Nagari Mungo, Kecamatan Luak, Kabupaten Lima Puluh Kota. Penelitian tentang aktivitas spesifik radionuklida belum pernah dilakukan di BPTU-HPT Padang Mangatas, Sumatera Barat. Radionuklida yang terdapat di lingkungan peternakan dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui rantai makanan yang dikonsumsi seperti daging sapi, oleh karena itu penting dilakukan pengukuran aktivitas spesifik radionuklida pada tanah, rumput dan air di lingkungan BPTU-HPT.

Penelitian dilakukan dengan tujuan menganalisis nilai aktivitas spesifik radionuklida alam dan buatan pada sampel rumput, air dan tanah berbagai kedalaman di BPTU-HPT Padang Mangatas dan menentukan distribusi aktivitas spesifik radionuklida berdasarkan peta kontur menggunakan lintang dan bujur titik lokasi pengambilan sampel. Penelitian ini penting untuk dilakukan, karena penentuan aktivias spesifik belum pernah dilakukan di BPTU-HPT Padang Mangatas. Hasil aktivitas spesifik radionuklida

alam ditinjau berdasarkan PERKA BAPETEN No. 16 Tahun 2013, sedangkan aktivitas spesifik radionuklida buatan ditinjau bedasarkan PERKA BAPETEN No.16 Tahun 2012.

II. METODE

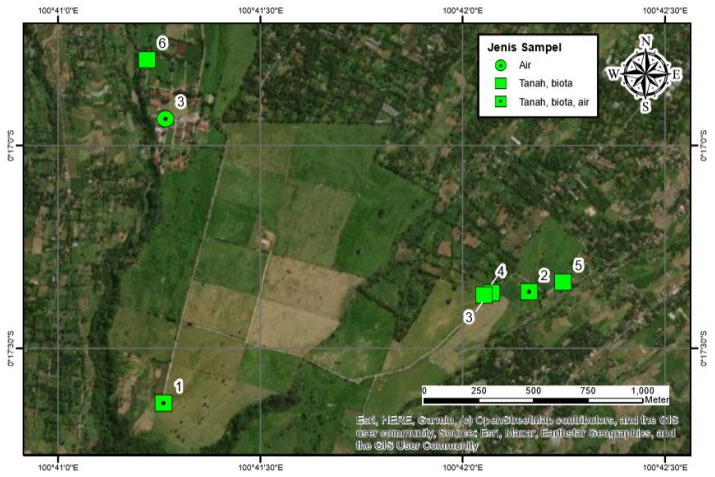
Pegambilan sampel tanah, air dan rumput dilakukan di Balai Penelitian Ternak Unggul dan Hijauan Pakan Ternak (BPTU-HPT) Padang Mangatas, Sumatera Barat. Pesiapan dan pengukuran sampel, pengambilan data serta pengolahan data dilakukan di Laboratorium Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (LTKMR), Direktorat Pengelola Laboratorium Fasilitas Riset dan Kawasan saint dan Teknologi Pasar Jumat, Jakarta Selatan. Alat yang digunakan pada penelitian adalah oven, timbangan, grinder, set ayakan SS 60 *mesh* , *muffle furnace,* timbangan digital, vial plastic 175 ml, marinelli 1L, spekrometer gamma dengan detektor HPGe, *software Maestro* dan *sotware Surfer13.*

2.1 Teknik Penelitian

Penelitian dilaksakan sesuai dengan standar operasional yang ditetapkan oleh BATAN, dimulai dari tahapan pengambilan sampel, preparasi sampel, pengukuran radiasi latar, kalibrasi spektometer gamma, pengukuran aktivitas spesifik radionuklida, pengolahan data dan analisis data.

2.1.1 Pengambilan Sampel

Sampel tanah diambil berdasarkan 3 variasi kedalaman yaitu (0 - 10) cm, (10 - 20) cm dan (20 - 30) cm masing-masing lokasi sebanyak 1 kg. Sampel rumput yang digunakan adalah tanaman rumput dikawasan BPTU-HPT sebanyak 2 kg. Sampel air diambil dari sumber mata air di lokasi BPTU-HPT atau air yang digunakan untuk kegiatan peternakan sebanyak 2 L pada 3 titik lokasi yang berbeda. Sampel tanah dan rumput diambil pada 6 titik lokasi yang berbeda. Titik lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Titik lokasi pengambilan sampel di BPTU-HPT Padang Mangatas

2.1.2 Preparasi Sampel

Sampel rumput dikeringkan dengan oven lalu diabukan menggunakan *muffle furnace,* sampel yang sudah menjadi abu dimasukkan ke dalam vial dan disegel dengan lem araldite kemudian disungkup selama 30 hari. Sampel tanah dikeringkan menggnakan oven lalu digiling menggunakan grinder kemudian diayak menggunakan ayakan 60 *mesh*, sampel yang sudah halus dimasukan kedalam vial dan disegel menggunakan lem araldite dan disungkup selama 30 hari. Sampel air dimasukkan ke dalam marinelli dan disegel lem araldite kemudian disungkup selama 30 hari.

2.1.3 Pengukuran Radiasi Latar

Pengukuran radiasi latar dilakukan dengan mengukur cacahan tabung marinelli dan vial yang berisi air aquades menggunakan spektrometer gamma selama 17 jam sesuai prosedur standar BATAN (2017). Pengukuran radiasi latar dilakukan agar mengetahui radiasi awal pada spektrometer gamma sebelum dilakukan pengukuran radionuklida pada sampel.

2.1.4 Kalibrasi Spekrometer Gamma

Kalibrasi Spektrometer gamma dilakukan dengan mengukur cacahan sumber standar gamma yang sudah diketahui aktivitas radionuklidanya. Cacahan sumber standar gamma marinelli GM-014 diukur selama 17 jam, sumber standar gamma vial GM-011 diukur selama 3 jam dan sumber standar gamma vial GM-013 diukur selama 17 jam. Kalibrasi yang dilakukan terdiri dari kalibrasi energi dan kalibrasi efisiensi. Kalibrasi energi dilakukan untuk menentukan hubungan nomor salur dengan energi dari radiasi gamma yang dipancarkan oleh radionuklida sumber standar. Kalibrasi efisiensi dilakukan untuk menentukan hubungan antara efisiensi dan energi dari radiasi gamma yang dipancarkan oleh radionuklida sumber standar.

2.1.5 Pengukuran Aktivitas Spesifik Pada Sampel

Pengukuran aktivitas spesifik radionuklida pada sampel menggunakan spektrometer gamma dengan detektor germanium berkemurnian tinggi (HPGe). Pengukuran pada setiap sampel dilakukan selama 17 jam. Aktivitas spesifik radionuklida yang terkandung pada sampel dapat diketahui dengan melakukan pengolahan data hasil pengukuran spektrometer gamma.

2.1.6 Penentuan Distribusi Aktivitas Spesifik Radionuklida

Penentuan distribusi aktivitas spesifik radionuklida berdasarkan peta kontur dibuat menggunakan *software Surfer13*. Peta kontur distribusi aktivitas spesifik radionuklida dibuat berdasarkan bujur dan lintang lokasi titik pengambilan sampel. Distribusi radionuklida dilihat dari skala warna yang menunjukkan besar nilai aktivitas spesifiknya.

2.1.7 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan untuk memperoleh aktivitas spesifik radionuklida yang terkandung dalam sampel. Aktivitas radionuklida pada sampel rata-rata (C_{avg}) dan nilai keidakpastian pengukuran (U_T) dapat dihitung menggunakan Persamaan (1) dan (2) (BATAN, 1998).

$$\mathrm{C_{avg}} = \frac{N_s - N_{bg}}{\varepsilon_\gamma p_\gamma m} \tag{1}$$

$$U_T = C_{avg} \times \sqrt{\left(\frac{U_N}{N_S}\right)^2 + \left(\frac{U_\varepsilon}{\varepsilon_\gamma}\right)^2 + \left(\frac{U_P}{P_\gamma}\right)^2 + \left(\frac{U_m}{m}\right)^2} \tag{2}$$

U_N adalah ketidakpastian pencacahan sampel (%), U_ε adalah ketidakpastian efesiensi pada energi gamma (%), U_P adalah ketidakpastian *yield* (%), U_m adalah ketidakpastian berat sampel (%), ε_γ adalah efisiensi pada energi gamma (%), P_γ adalah *Yield* dari energi gamma (%). *Minimum Detectable Concentration* (MDC) merupakan besarnya konsentrasi minimum yang dapat dideteksi suatu alat dihitung menggunakan Persamaan (3).

$$MDC = 4{,}66 \times \sqrt{\frac{\frac{N_{bg}}{\left(t_{bg}\right)^2}}{\varepsilon_\gamma P_\gamma m}} \tag{3}$$

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Aktivitas Spesifik Radionuklida

3.1.1 Aktivitas Spesifik Pada Sampel Tanah

Hasil aktivitas spesifik radionuklida yang diperoleh pada sampel tanah di BPTU-HPT Padang Mangatas dan beberapa daerah dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1, aktivitas spesifik radionuklida K-40 memiliki nilai aktivitas spesifik rata-rata paling tinggi dibandingkan radionuklida alam lain. Radionuklida K-40 dalam tanah pertanian juga berasal dari pupuk dan sisa kotoran ternak yang terakumulasi dalam tanah setelah puluhan tahun melakukan kegiatan pertanian. Berdasarkan

penelitian yang dilakukan oleh Hatika (2018) pupuk kimia yang digunakan pada tanaman mengandung radionuklida seperti U-238, Th-232, Ra-226 dan K-40. Aktivitas spesifik radionuklida K-40 paling tinggi terdapat dalam pupuk KCL. Aktivitas spesifik radionuklida alam yang terdeteksi di BPTU-HPT Padang Mangatas masih berada di bawah nilai batas ambang yang diperbolehkan menurut PERKA BAPETEN NO. 16 Tahun 2013. Aktivitas spesifik Cs-137 yang terdeteksi pada sampel tanah berada pada kedalaman (10-20) cm. Radionuklida Cs-137 cenderung terakumulasi di lapisan atas tanah dan dapat mengalami pergerakan ke lapisan tanah yang lebih dalam melalui proses seperti infiltrasi air hujan atau aktivitas biologis tanah. Aktivitas spesifik yang diperoleh berada di bawah nilai ambang batas yang diperbolehkan menurut PERKA BAPETEN NO.16 Tahun 2012.

Tabel 1 Aktivitas spesifik radionuklida sampel tanah pada lokasi penelitian dan perbandingannya dengan beberapa daerah

No	Peneliti/wilayah	Aktivitas spesifik (Bq/kg)					
		Ra-226	**Th-232**	**K-40**	**U-238**	**Th-228**	**Cs-137**
1	Penelitian ini, 2024 (BPTU-HPT Padang Magatas)	13,71 ± 2,52	25,8 ± 3,3	112,0 ± 11,77	20,37 ± 9,8	27,46 ± 3,77	0,62 ± 0,12
2	Murniasih dan Sukirno, 2019 (PLTU Rembang)	8,64	8,49	301,9	-	-	-
3	Oledele, et al, 2023 (Nigeria)	22,92 ± 1,33	17,02± 2,43	143,9± 11,67	-	-	-
4	Caligava, et al, 2022 (Moscow)	-	34,7	519	29	-	7,99
5	Husna, et al, 2022 (Sungai Kamuyang, Sumatera Barat)	-	-	-	-	-	0,42 ± 0,19
6	Muthu, et al, 2023 (Selagor, Malaysia)	-	-	-	-	-	1,04

Aktivitas spesifik radionuklida Th-232 di kawasan BPTU-HPT Padang Mangatas lebih tinggi dari pada PLTU Rembang dan Nigeria tapi lebih rendah dari Moscow termasuk U-238 dan K-40. Tingkat aktivitas spesifik yang tinggi di Moscow berdasarkan penelitian Caligava, et al (2022) jika dilihat dari lokasinya, yaitu berada di wilayah cekungan geologi dan lokasi pengambilan sampelnya adalah tanah di wilayah yang megalami pengerukan untuk pembuatan tempat rekreasi, menyebabkan radionuklida alam yang ada pada bagian dalam tanah muncul ke permukaan dengan aktivitas yang lebih tinggi. Aktivitas spesifik Cs-137 di BPTU-HPT Padang Mangatas memiliki nilai akivitas spesifik yang lebih rendah dibandingkan daerah Moscow dan Malaysia, tapi lebih besar dibandingkan dengan Nagari Kamuyang yang lokasinya berada di Kabupaten yang sama dengan Padang Mangatas, hal ini dikarenakan sampel tanah yang diambil di BPTU-HPT Padang Mangatas berada di tiga kedalaman yang berbeda sedangkan pada penelitian Husna, et al (2022) di Nagari Kamuyang sampel tanah diambil pada satu jenis kedalaman tanah yaitu (0-15) cm.

3.1.2 Aktivitas Spesifik Radionuklida Pada Sampel Rumput

Nilai aktivitas spesifik radionuklida pada sampel rumput di BPTU-HPT Padang Mangatas dan beberapa daerah dapat dilihat pada Tabel 2. Aktivitas spesifik radionuklida K-40 pada rumput jauh lebih besar dari radionuklida lainnya, menurut Gupta dan Walter (2014) aktivitas spesifik radionuklida K-40 pada tanaman dipengaruhi oleh nilai aktivitas spesifik K-40 dalam tanah dan pupuk yang digunakan untuk tanaman tersebut. Aktivitas spesifik Ra-226, Th-232 dan K-40 yang terdeteksi pada rumput di kawasan BPTU-HPT Padang Mangatas saat ini berada di bawah nilai ambang batas yang dibolehkan berdasarkan PERKA BAPETEN No. 16 Tahun 2013.

Aktivitas spesifik radionuklida Ra-226 dan K-40 pada tanaman di kawasan BPTU-HPT Padang Mangatas lebih tinggi dibandingkan dengan PLTU Rembang dan Pasar Raya Kota Padang. Radionuklida Th-232 memiliki nilai aktivitas spesifik yang lebih tinggi dari pada PLTU Rembang, hal ini dikarenakan sampel tanaman yang digunakan berbeda. Sampel tanaman di BPTU-HPT Padang Mangatas berupa rumput untuk pakan sapi sedangkan di PLTU Rembang adalah daun singkong radionuklida pada tanaman masuk melalui tanah sehingga akar tumbuhan mepengaruhi besarnya radionuklida yang terserap. Aktivitas spesifik radionuklida buatan Cs-137 di BPTU-HPT Padang

Mangatas, PLTU Rembang dan Pasar Raya berada di bawah batas minimum yang dapat dideteksi oleh alat spektrometer gamma.

Tabel 2 Aktivitas spesifik radionuklida pada sampel tanaman di beberapa daerah

No	Peneliti/wilayah	Aktivitas spesifik (Bq/kg)					
		Ra-226	Th-232	K-40	U-238	Th-228	Cs-137
1	Penelitian ini, 2024 (BPTU-HPT Padang Magatas)	59,08 ± 11,04	7,19 ± 3,50	1839,478 ± 916,97	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi
2	Muthmainnah, 2019 (Pasar Raya, Kota Padang)	2,31± 0,31	Tidak terdeteksi	311,35± 22,19	-	-	Tidak terdeteksi
3	Murniasih dan sukirno, 2019 (PLTU Rembang)	1,6860 ± 0,0906	0,4125 ± 0,0303	11,664± 0,7516	-	-	-
4	Husna, et al, 2022 (Sungai Kamuyang, Sumatera Barat)	-	-	-	-	-	Tidak terdeteksi

3.1.3 Aktivitas Spesifik Radionuklida Pada Sampel Air

Nilai aktivitas spesifik radionuklida pada sampel air di BPTU-HPT Padang Mangatas dan beberapa daerah dapat dilihat pada Tabel 3. nilai aktivitas spesifik radionuklida pada sampel air di kawasan BPTU-HPT Padang Mangatas berada di bawah batas minimum yang dapat terdeteksi oleh detektor HPGe pada spektrometer gamma. Nilai aktivitas spesifik di bawah MDC menunjukkan bahwa aktivitas spesifik radionuklida yang terkandung pada sampel air tersebut bernilai minus atau dikatakan tidak terdeteksi. Berdasarkan penelitian Yuliandari, et al (2022) menjelaskan bahwa air memiliki kemampuan untuk melarutkan dan membawa radionuklida alam, hal ini menyebabkan aktivitas spesifik radionuklida di air lebih rendah dibandingkan dengan tanah yang tidak terlarut.

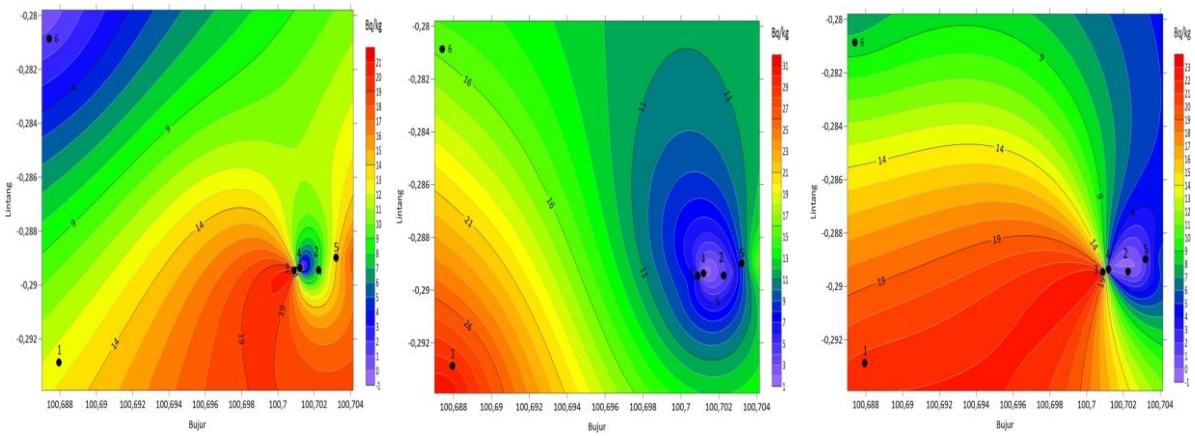
Berdasarkan Tabel 3 aktivitas spesifik radionuklida Th-232 dan K-40 pada air terdeteksi di Pariangan, Sumatera Barat serta memiliki nilai lebih tinggi dari PLTU Rembang. Hal ini dikarenakan sampel air yang digunakan di Pariangan merupakan sumber air panas, sedangkan di BPTU-HPT dan PLTU Rembang menggunakan sumber mata air biasa.

Tabel 3 Aktivitas spesifik radionuklida pada sampel air di beberapa daerah

No	Peneliti/wilayah	Aktivitas spesifik (Bq/kg)					
		Ra-226	Th-232	K-40	U-238	Th-228	Cs-137
1	Murniasih dan sukirno, 2019 (PLTU Rembang)	0,0031 ± 0,0004	0,0007± 0,0001	0,028 ± 0,0019	-	-	-
2	Yuliandariet al, 2021 (Pariangan, Sumatera Barat)	<MDC	0,53 ± 0,20	41,87 ± 4,66	-	-	-
3	Penelitian ini, 2024 (BPTU-HPT Padang Magatas)	<MDC	<MDC	<MDC	<MDC	<MDC	<MDC

3.2 Distribusi Aktivitas Spesifik Radionuklida

Peta kotur distribusi aktivitas spesifik radionuklida pada sampel tanah dibuat menggunakan *software Surfer13* menggunakan nilai aktivitas spesifik yang diperoleh. Distribusi radionuklida pada sampel tanah setiap kedalaman yang berbeda menunjukan nilai distribusi aktivitas spesifik yang berbeda. Peta kontur distibusi akivitas spesifik radionuklida pada tanah berbagai kedalaman dapat dilihat pada Gambar 2 (a), (b), dan (c).



(b) (c)

Gambar 2 Distribusi radionuklida Ra-226 pada a) tanah kedalaman (0-10) cm b) tanah kedalaman (10-20) cm dan c) tanah kedalaman (20-30) cm di BPTU-HPT Padang Mangatas

Titik 1	:	Lokasi 1 merupakan daerah padang rumput untuk pakan sapi yang terletak paling atas dan lokasi sumber mata air untuk kegiatan peternakan di kawasan BPTU-HPT.
Titik 2	:	Lokasi 2 merupakan salah satu daerah kandang untuk tempat pembibitan sapi.
Titik 3	:	Lokasi 3 merupakan daerah padang rumput untuk pakan sapi serta sebagai tempat gembala.
Titik 4	:	Lokasi 4 merupakan daerah padang rumput untuk pakan sapi serta sebagai tempat gembala.
Titik 5	:	Lokasi 5 merupakan daerah padang rumput dan lokasi mess BPTU-HPT.
Titik 6	:	Lokasi 6 merupakan daerah padang rumput yang dekat dengan perumahan warga di sekitar BPTU-HPT.

Berdasarkan Gambar 2 distribusi radionuklida pada sampel tanah setiap kedalaman yang berbeda menunjukan nilai distribusi aktivitas spesifik yang berbeda. Distribusi radionuklida Ra-226 pada sampel tanah kedalaman (20-30) cm menunjukan nilai sebaran yang signifikan lebih besar dibandingkan dengan tanah kedalaman (0-10) cm dan tanah kedalaman (10-20) cm. Besarnya distribusi sebaran radionuklida dapat dilihat dari skala warna yang menunjukan nilai aktivitas spesifik radionuklida pada tanah. Aktivitas spesifik radionuklida Ra-226 pada tanah kedalaman (20-30) cm terdistribusi lebih tinggi pada bujur 100,68768° sampai 100,700874° dan lintang -0,2939067° sampai dengan -0,286°, rentang tersebut mencakup lokasi yang merupakan daerah padang rumput dan dekat sumber mata air untuk kegiatan peternakan di kawasan BPTU-HPT. Menurut (IAEA, 2014) diketahui bahwa Ra-226 berperan dalam proses pertukaran ion migrasi radium karena Ra-226 dapat terlarut dalam ait tanah dan dapat berpindah bersamaan dengan aliran air.

IV. KESIMPULAN

Aktivitas spesifik radionuklida alam dan buatan di kawasan BPTU-HPT Padang Mangatas terdeteksi pada beberapa sampel tanah dan rumput tetapi tidak terdeteksi pada sampel air. Nilai aktivitas spesifik radionuklida alam dan buatan yang terdeteksi masih berada di bahwah nilai batas ambang yang direkomendasikan oleh PERKA BAPETEN No.16 Tahun 2012 dan PERKA BAPETEN No. 16 Tahun 2013. Distribusi aktivitas spesifik radionuklida di kawasan BPTU-HPT Padang Mangatas memiliki sebaran yang bervariasi. Aktivitas spesifik radionuklida signifikan terdistribusi pada sampel tanah kedalaman (20-30) cm dan terdistribusi pada bujur 100,6870016° sampai dengan 100,7031446° dan lintang -0,2939067° sampai dengan -0,2817959°.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Balai Penelitian Ternak Unggul dan Hijauan Pakan Tenak (BPTU-HPT) Padang Mangatas dan Laboratorium Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi, Pusat Riset Teknologi Keselamatan Metrologi dan Mutu Nuklir, Badan Riset Inovasi Nasional yang telah menyediakan sarana dan prasarana sehingga penelitian dapat dilakukan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Akhadi, M., 2021, Radioekologi Radionuklida Kosmogenik, Deepublish, Yogyakarta.

BATAN, Homepage, 2019, Radionuklida Alam, http://www.batan.go.id/ensiklopedi/09/01/01/06/10.gif, diakses 10 Maret 2024.

BATAN, Homepage, 2014, Buku Pintar Nuklir, http://drive.batan.go.id/kip /documents/12buku_pintar.pdf, diakses 15 Juni 2024.

Chaligava, O., Grozdov, D., Yushin, N., Zinicovscaia, I., & Vergel, K. (2022). Distribution of Natural and Anthropogenic Radionuclides in Soil Samples in Recreational Zones of Moscow. *Water, Air, & Soil Pollution*, *233*(11), 448. https://doi.org/10.1007/s11270-022-05930-0

Hatika, R. G. (2018). *Penentuan Bahan Radioaktif Alami (Norm) dalam Pupuk Kimia Menggunakan Spektrometri Sinar Gama Determination of NORM in Chemical Fertilizer using Gamma Ray Spectrometry*. *VII*(1), 42–46

Husna, IAU., Milvita, D., & Kusdiana, K. (2022). Penentuan Konsentrasi Radionuklida 137Cs dalam Susu Sapi di Nagari Sungai Kamuyang Sumatera Barat. *Jurnal Fisika Unand*, *11*(3), 348–353.

IAEA. (2010). Analytical Methodology for the Determination of Radium Isotopes in Environmental Samples (Issue 19). IAEA.

Murniasih, Sri., S. (2019). *Distribusi Radionuklida Alam Pada Sampel Tanah, Air Dan Tanaman Di Sekitar Pltu Rembang*. 1–9. http://ganendra.batan.go.id

Muthu, H., Ramesh, K., Ph, D., Ramesh, S., Ph, D., & Bashir, S. (2023). *Dose assessment of 137 Cs in agricultural surface soil in Selangor , Malaysia*. *21*(1). https://doi.org/10.52547/ijrr.21.1.13

Oladele, B.B, Ugbede, F.O, Arogunjo, A.M, Ajayi, O.S dan Pereira, A., 2023, Gamma Spectroscopy Study of Soil-plant transfer factor characteristics of k-40, Th-232 and Ra-226 in Some Crops Cultivated in Southwestern Region of Nigeria, *Journal Heliyon*, Vol.9, No.1, hal 77-93.

Syaifudin, Mukh (2023). Biologi Radiasi: Dasar-dasar dan Aplikasi. In *Biologi Radiasi: Dasar-dasar dan Aplikasi*. https://doi.org/10.55981/brin.563

UNSCEAR, 2000, *Sources effects and risks of ionizing radiation. In: United Nations Scientific Committee on the effects of atomic radiation*, Report to General Assembly with Annex, New York.

Yuliandari, A., Milvta, D., dan Shilfa S.N., 2021, penentuan Aktivias Spesifik Radionuklida Alam Pada Sumber Air Panas di Nagari Pariangan Sumatera Barat, Jurnal Fisika Unand (JFU), Vol.10,No.7, hal 371-376.