

Analisis Keradioaktifan Tanah Pertanian di Desa Pukdale Kecamatan Kupang Timur akibat Penggunaan Pupuk Kimia

Marlince Dopong¹, Angelikus Olla², Wenti Marlensi Maubana³

Program Studi Fisika, Universitas San Pedro, Kupang, Indonesia

Email korespondensi: marlindopong28@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang analisis kandungan radioisotop dalam sampel tanah pertanian di Desa Pukdale Kecamatan Kupang Timur Kabupaten Kupang Nusa Tenggara Timur. Tujuan penelitian: menentukan kisaran aktivitas jenis massa kandungan radioisotop, memetakan sebaran kandungan radioisotop berdasarkan aktivitas jenis massa dan mengestimasi luas daerah yang kadar kandungan radioisotopnya cukup tinggi di lokasi penelitian. Metode utama penelitian adalah metode analisis radioaktivitas lingkungan sedangkan metode pendukung lainnya meliputi observasi/survei, sampling, analisis dan interpretasi. Proses analisis sampel tanah untuk penentuan aktivitas jenis terdiri dari: a). penumbukan/penghalusan sampel, b). pengayakan, c). pembakaran, d). penghomogenan, e). pengeringan sampel dengan hasil berupa debu yang sangat halus, f). Pencacahan sampel, g). Penimbangan, h). Menghitung nilai aktivitas jenis. Selanjutnya hasil analisis kandungan radioisotop dipetakan. Hasil penelitian diperoleh bahwa sebaran kandungan radioisotop dalam sampel tanah pertanian di Desa Pukdale Kabupaten Kupang Kecamatan Kupang Timur berdasarkan aktivitas jenis berkisar dari 2.5855×10^{-5} – 7.387×10^{-5} $\mu\text{Ci}/\text{gram}$. Berdasarkan peta kontur terlihat bahwa aktivitas jenis massa kandungan radioisotop yang terdapat dalam tanah pertanian di Pukdale tersebar tidak merata, hal ini terlihat dari sebaran kandungan radioisotop dan juga nilai aktivitas jenis massa kandungan radioisotop sehingga kontaminasi radioisotop pada lingkungan persawahan masih tergolong kontaminasi sedang dan secara umum cacah radiasi radioisotop di Desa Pukdale masih berada pada batas toleransi.

Masuk:

15 September 2024

Diterima:

5 Oktober 2024

Diterbitkan:

23 Oktober 2024

Kata kunci:

Radioaktif, radioisotop, tanah, pertanian dan pupuk

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara agraris yang sebagian besar masyarakatnya bekerja sebagai petani. Dalam bidang pertanian, pupuk merupakan salah satu faktor yang sangat berpengaruh dalam keberhasilan pertanian. Terdapat dua jenis pupuk yang beredar di Indonesia saat ini yaitu pupuk organik dan pupuk anorganik (kimia). Dalam beberapa dekade terakhir ini, kegiatan pertanian telah berkembang dengan pesat, sehingga menyebabkan meningkatnya penggunaan pupuk kimia. Pupuk kimia adalah campuran senyawa kimia yang menyediakan kebutuhan unsur kimia dan nutrisi pada tanaman. Salah satu contoh pupuk kimia yang banyak digunakan adalah pupuk fosfat. Lebih dari 30 juta ton pupuk fosfat per tahun dikonsumsi di seluruh dunia, yang meningkatkan produksi tanaman dan reklamasi tanah [1].

Pupuk fosfat merupakan pupuk yang berbahan dasar atau terbuat dari batuan fosfat. Diketahui bahwa kandungan U-238, Th-232, Ra-226 dan K-40 yang terdapat di dalam fosfat pada umumnya lebih tinggi dari pada di dalam tanah maupun batuan lainnya. Terjadinya radioaktivitas alam ini karena peluruhan uranium dan thorium yang ada di alam menjadi timbal (Pb) dengan memancarkan radiasi alpha, beta dan gamma. Dalam proses pembuatan pupuk fosfat, banyak radionuklida yang masuk ke dalam pupuk yang dihasilkan sehingga memungkinkan pupuk untuk menyebarkan radionuklida alami ke lingkungan dan menjadi sumber radioaktif. Fenomena ini mungkin mengakibatkan potensi resiko radiologi karena ada kemungkinan migrasi unsur-unsur dari pupuk pertanian untuk tanah dan tanaman, dan melalui rantai makanan, untuk manusia merupakan awal di mana hal ini dapat menyebabkan paparan internal melalui konsumsi pangan yang ditanam ditanah pupuk [2].

Kecamatan Kupang Timur dengan jumlah penduduk sebanyak 38.969 orang dengan luas wilayah sebesar 160.99 km² dan tingkat kepadatan penduduk sebanyak 217 orang/km². Kecamatan dengan luas lahan persawahan sebesar 4234 Ha dan hasil produksi padi per tahun sebesar 15.798,0 ton/tahun, sehingga menjadikan kecamatan ini sebagai penyumbang hasil pertanian terbesar di kabupaten kupang. Pukdale adalah desa di kecamatan Kupang Timur, Kupang, Nusa Tenggara Timur, yang terbagi menjadi 4 dusun yaitu Pukdale, Pukdale bawah, Tetebudale, dan Felakdale. Desa Pukdale merupakan sebuah desa pertanian sebagai salah satu penghasil beras dan beberapa komoditi pertanian lainnya [3].

Hatika menyatakan bahwa penelitian mengenai bahan radioaktif alami (NORM) atau lebih dikenal dengan bahan radioaktif yang terdapat dalam lingkungan yang dalam hal ini biasanya berasal dari peluruhan Uranium-238, Thorium-232, dan Kalium-40 dalam pupuk kimia di Indonesia perlu dilakukan, mengingat bahwa Indonesia merupakan negara agraris yang sebagian besar masyarakatnya bertani dan banyak menggunakan pupuk kimia. Penggunaan pupuk ini dapat berpengaruh terhadap pengumpulan bahan radioaktif di tanah yang dapat berbahaya bagi kesehatan petani, pekerja dan konsumen yang memproduksinya [4].

Menurut penelitian sebelumnya Ha'u pada daerah persawahan Tarus dan Tilong Kupang Tengah Kabupaten Kupang didapati bahwa akumulasi kandungan radioisotop pada daerah persawahan Tarus berkisar dari 8 - 22 cpm dan pada daerah persawahan Tilong berkisar 8-15 cpm. Sebaran kandungan radioisotop tersebut tidak terpusat pada satu arah tetapi menyebar membentuk kelompok-kelompok [5].

Berdasarkan observasi lapangan dan wawancara yang dilakukan oleh penulis terhadap beberapa petani di desa Pukdale, diperoleh hasil ternyata memang benar bahwa para petani di desa Pukdale pada umumnya menggunakan pupuk urea dan pupuk Natrium, Fosfor dan Kalium (NPK) dengan alasan agar tanaman yang mereka tanam seperti padi, tomat, lombok dan aneka sayuran cepat memberikan hasil dan dapat dijual dengan cepat.

Mengingat wilayah pertanian Pukdale adalah wilayah pertanian dengan luas lahan terbesar yang dimana para petani menggunakan pupuk kimia untuk mempercepat proses penanaman sehingga diduga pada pemakaian pupuk kimia tersebut mengandung bahan radioaktif yang akan mempengaruhi tingkat kontaminasinya terhadap lingkungan berupa rusaknya tanah, hilangnya nutrisi tanah dan mineral, mencemari udara dan juga air [6] serta penggunaan pupuk kimia ini juga dapat berdampak pada kesehatan manusia yaitu dapat menyebabkan kanker lambung dan juga kanker testis [7].

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Pukdale Kecamatan Kupang Timur Kabupaten Kupang Nusa Tenggara Timur untuk pengambilan sampel dan Laboratorium Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas San Pedro untuk analisis sampel. Metode utama penelitian adalah metode analisis radioaktivitas lingkungan sedangkan metode pendukung lainnya meliputi observasi/survei, sampling, analisis dan interpretasi. Proses analisis sampel tanah untuk penentuan aktivitas jenis terdiri dari: a). penumbukan/penghalusan sampel, b). pengayakan, c). pembakaran, d). penghomogenan, e). pengeringan dengan hasil berupa debu yang sangat halus, f). Pencacahan sampel, g). Penimbangan, h). Menghitung nilai aktivitas jenis (C) dengan persamaan :
$$C = \frac{Cpm}{2,22 \times 10^6} \times \epsilon \times \frac{1}{m} \quad (1) [8]$$

Selanjutnya, hasil sebaran kandungan radioisotop di Desa Pukdale dipetakan dengan menggunakan software surfer 16 dalam bentuk 2D dan 3D [9].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Pengukuran di Lapangan

Desa Pukdale adalah desa yang berada dalam wilayah kecamatan Kupang Timur. Dengan jarak kurang lebih 35 km dari oelamasi dan bisa ditempuh dengan kendaraan pribadi maupun umum. Sebelum dilaksanakan kegiatan pengukuran, terlebih dahulu dilakukannya survei lapangan, dimana survei lapangan ini bertujuan untuk dapat menentukan luas daerah yang digunakan untuk pengambilan sampel. Berdasarkan hasil observasi lapangan yang dilakukan maka ada beberapa tahap yang dilakukan dalam kegiatan pengukuran di lapangan, diantaranya membuat lintasan dan menentukan titik ukur serta pengambilan sampel. Dilanjutkan dengan pengambilan data berupa pengukuran nilai cacah radiasi per menit (CPM), posisi lintang, bujur, dan ketinggian tiap-tiap titik ukur pengambilan sampel tanah.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di sepanjang daerah persawahan dengan luas daerah sebesar 2800 m². Pengukuran dan pengambilan data berupa sampel tanah pertanian dengan melakukan pengukuran sebanyak 5 lintasan yakni lintasan A, B, C, D, dan E dimana antara lintasan berjarak 10 meter, panjang setiap lintasan 70 meter, serta masing-masing lintasan memiliki 7 titik ukur, dengan jarak setiap titik ukur 10 meter. Pada setiap lintasan dilakukan pengambilan data sebanyak 7 titik ukur dan seterusnya sampai lintasan E, dilanjutkan dengan mengambil data berupa data pengukuran nilai cacah radiasi per menit (cpm), posisi lintang, bujur dan elevasi, tiap-tiap titik ukur untuk mengambil sampel tanah pertanian. Sampel-sampel yang telah diambil dibungkus dengan menggunakan kertas perak atau aluminium foil untuk menghindari kontaminasi dari zat-zat lain dan dimasukkan ke dalam plastik e-tick. Sampel yang telah dibungkus akan diberi kode sebagai pembeda antara sampel satu dengan sampel yang lain disesuaikan dengan titik-titik pengukuran, selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk dilakukan analisis.

Hasil pengukuran kandungan radioisotop dalam sampel tanah pertanian desa Pukdale dengan menggunakan alat detektor Geiger-Muller dapat dilihat dalam tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Radioisotop di Desa Pukdale

Lintasan	Titik Ukur	Kode Sampel	CPM di Lapangan	Lintang Selatan	Bujur Timur	Ketinggian
A	1	A1	13	10° 11337'	123° 82974'	15 m
	2	A2	14	10° 11329'	123° 82977'	15 m
	3	A3	15	10° 11321'	123° 82980'	15 m
	4	A4	14	10° 11312'	123° 82983'	16 m
	5	A5	24	10° 11303'	123° 82986'	16 m
	6	A6	8	10° 11295'	123° 82990'	16 m
	7	A7	23	10° 11287'	123° 82993'	15 m
B	1	B1	12	10° 11341'	123° 82983'	15 m
	2	B2	12	10° 11332'	123° 82986'	16 m
	3	B3	29	10° 11324'	123° 82988'	16 m
	4	B4	20	10° 11315'	123° 82991'	15 m
	5	B5	12	10° 11308'	123° 82995'	15 m
	6	B6	29	10° 11299'	123° 82997'	16 m
	7	B7	15	10° 11289'	123° 8300'	15 m
C	1	C1	11	10° 11343'	123° 82991'	16 m
	2	C2	26	10° 11335'	123° 82993'	16 m
	3	C3	14	10° 11326'	123° 82996'	16 m
	4	C4	15	10° 11317'	123° 82999'	16 m
	5	C5	10	10° 11309'	123° 83002'	16 m
	6	C6	7	10° 11301'	123° 83005'	16 m
	7	C7	17	10° 11292'	123° 83007'	16 m
	1	D1	15	10° 11346'	123° 82999'	16 m
	2	D2	15	10° 11338'	123° 83003'	16 m
	3	D3	14	10° 11330'	123° 83006'	16 m

D	4	D4	15	10° 11321'	123° 83009'	16 m
	5	D5	18	10° 11311'	123° 83014'	14 m
	6	D6	25	10° 11305'	123° 83016'	15 m
	7	D7	16	10° 11296'	123° 83019'	15 m
E	1	E1	10	10° 11348'	123° 83008'	16 m
	2	E2	18	10° 11342'	123° 83011'	14 m
	3	E3	12	10° 11334'	123° 83015'	15 m
	4	E4	24	10° 11325'	123° 83018'	16 m
	5	E5	13	10° 11317'	123° 83022'	16 m
	6	E6	28	10° 11308'	123° 83025'	16 m
	7	E7	14	10° 11300'	123° 83028'	15 m

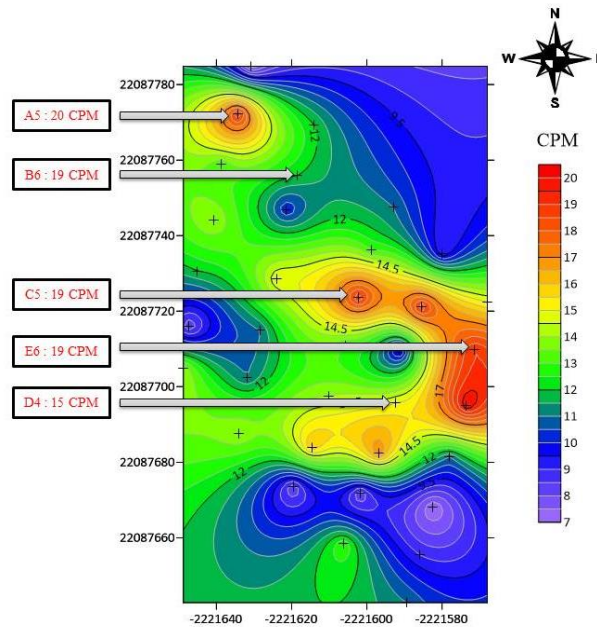
3.2. Hasil Analisis Sampel di Laboratorium

Sampel-sampel yang telah diambil di lapangan selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk dilakukan analisis sesuai prosedur penelitian laboratorium. Tujuan dilakukannya analisis laboratorium ialah untuk mendapatkan kandungan radioisotop yang bebas dari zat-zat kontaminasi. Kandungan radioisotop hasil analisis di laboratorium dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Analisis Kandungan Radioisotop di Desa Pukdale

Lintasan	Titik Ukur	Kode Sampel	Massa (Gram)	CPM di Laboratorium
Lintasan A	1	A1	10	11
Lintasan A	2	A2	10	9
Lintasan A	3	A3	10	7
Lintasan A	4	A4	10	11
Lintasan A	5	A5	10	20
Lintasan A	6	A6	10	19
Lintasan A	7	A7	10	15
Lintasan B	1	B1	10	13
Lintasan B	2	B2	10	8
Lintasan B	3	B3	10	17
Lintasan B	4	B4	10	15
Lintasan B	5	B5	10	9
Lintasan B	6	B6	10	19
Lintasan B	7	B7	10	9
Lintasan C	1	C1	10	8
Lintasan C	2	C2	10	16
Lintasan C	3	C3	10	14
Lintasan C	4	C4	10	13
Lintasan C	5	C5	10	19
Lintasan C	6	C6	10	13
Lintasan C	7	C7	10	11
Lintasan D	1	D1	10	14
Lintasan D	2	D2	10	11
Lintasan D	3	D3	10	11
Lintasan D	4	D4	10	15
Lintasan D	5	D5	10	10
Lintasan D	6	D6	10	12
Lintasan D	7	D7	10	12
Lintasan E	1	E1	10	14
Lintasan E	2	E2	10	8
Lintasan E	3	E3	10	12
Lintasan E	4	E4	10	14
Lintasan E	5	E5	10	13
Lintasan E	6	E6	10	19
Lintasan E	7	E7	10	7

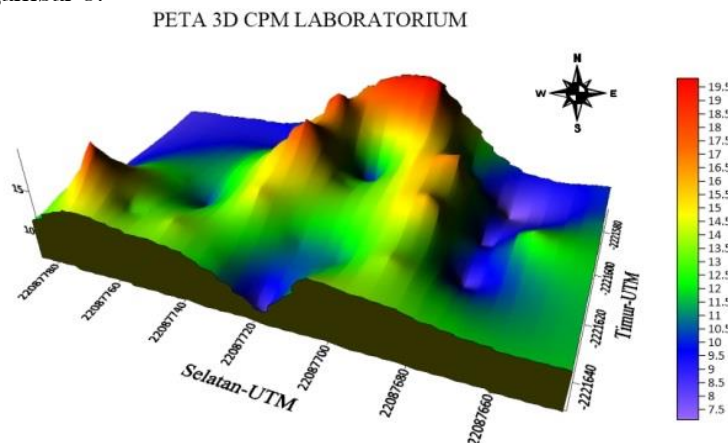
Untuk melihat sebaran kandungan radioisotop di tanah pertanian Desa Pukdale maka data kandungan radioisotop ditampilkan dalam bentuk peta kontur 2D seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Peta Kontur 2D Kandungan Radioisotop Tanah Pertanian Desa Pukdale

Berdasarkan gambar 2, kandungan radioisotop tanah pertanian di Desa Pukdale tersebar merata di setiap lintasan. Dilihat pada lintasan A kandungan radioisotop tertinggi bernilai 20 cpm terdapat pada titik ukur A5 (warna merah) dan kandungan radioisotop terendah bernilai 7 cpm terdapat pada titik ukur A3 (warna biru), sedangkan pada lintasan B kandungan radioisotop tertinggi bernilai 19 cpm terdapat pada titik ukur B6 (warna merah) dan kandungan radioisotop terendah bernilai 8 cpm terdapat pada titik ukur B2 (warna biru), pada lintasan C kandungan radioisotope tertinggi bernilai 19 cpm terdapat pada titik ukur C5 (warna merah) dan kandungan radioisotope terendah bernilai 8 cpm terdapat pada titik ukur C1 (warna biru), pada lintasan D kandungan radioisotope tertinggi bernilai 15 cpm terdapat pada titik ukur D4 (warna merah) dan kandungan radioisotope terendah bernilai 10 cpm terdapat pada titik ukur D5 (warna biru), dan pada lintasan terakhir yaitu lintasan E kandungan radioisotope tertinggi bernilai 19 cpm terdapat pada titik ukur E6 (warna merah) dan kandungan radioisotope terendah bernilai 7 cpm terdapat pada titik ukur E7 (warna biru).

Selanjutnya, mengikuti peta 2D sebaran kandungan radioisotop berdasarkan pengaruh topografi dapat dilihat pada peta kontur 3D seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Peta Kontur 3D Kandungan Radioisotop Tanah Pertanian Desa Pukdale

Berdasarkan peta kontur 3D dapat dilihat bahwa sebaran kandungan radioisotop di Desa Pukdale tersebar tidak merata baik di daerah bertopografi rendah (warna biru) ataupun daerah bertopografi tinggi (warna merah). Pengaruh topografi ini dapat dilihat pada lintasan A dimana kandungan radioisotop yang bernilai 20 cpm terdapat pada daerah bertopografi tinggi (warna merah) dengan titik ukur A5.

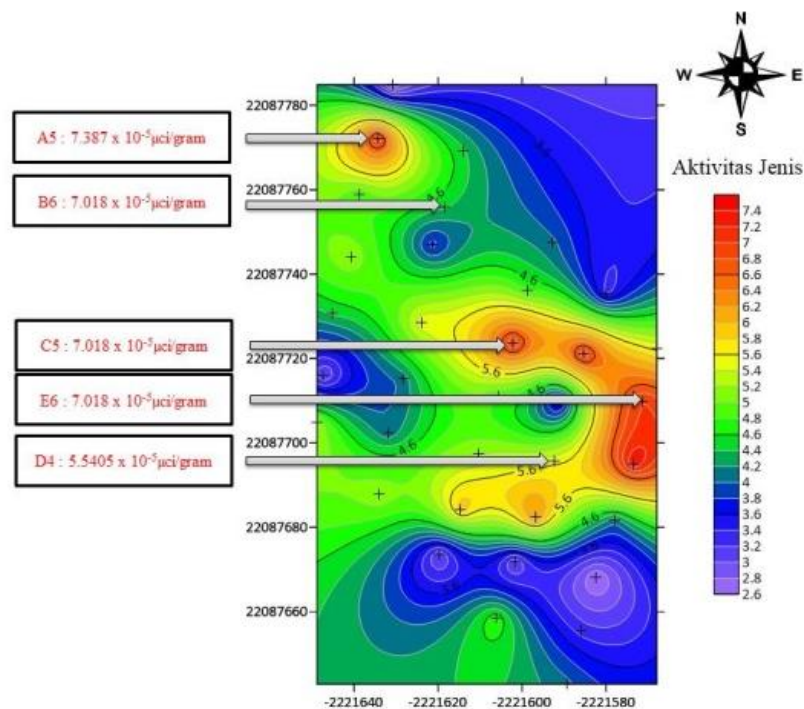
Selanjutnya, setelah didapatkan kandungan radioisotop yang bebas dari kontaminasi zat-zat lainnya, maka dilakukan perhitungan aktivitas jenis massa kandungan radioisotop menggunakan persamaan (1). Koefisien detector (ϵ) radiolet -50 yang digunakan adalah 0,82 karena *window detector* hanya mampu menangkap radiasi sebesar 82%. Hasil perhitungan aktivitas jenis massa kandungan radioisotope dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Aktivitas Jenis Massa Kandungan Radioisotop Tanah Pertanian Desa Pukdale

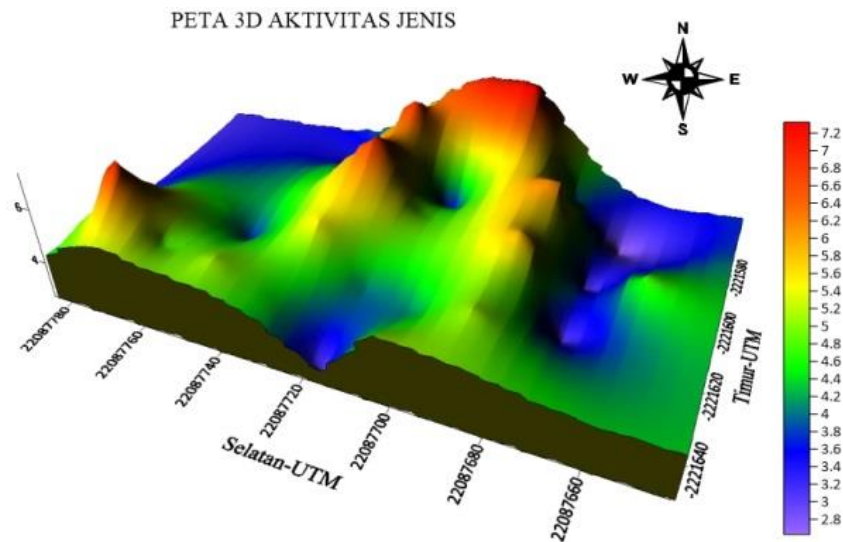
Lintasan	Titik Ukur	Kode Sampel	Massa (Gram)	CPM di Laboratorium	Aktivitas Jenis ($\mu\text{Ci}/\text{gram}$)
Lintasan A	1	A1	10	11	4.0630×10^{-5}
Lintasan A	2	A2	10	9	3.3243×10^{-5}
Lintasan A	3	A3	10	7	2.5855×10^{-5}
Lintasan A	4	A4	10	11	4.0630×10^{-5}
Lintasan A	5	A5	10	20	7.387×10^{-5}
Lintasan A	6	A6	10	19	7.018×10^{-5}
Lintasan A	7	A7	10	15	5.5405×10^{-5}
Lintasan B	1	B1	10	13	4.8018×10^{-5}
Lintasan B	2	B2	10	8	2.9549×10^{-5}
Lintasan B	3	B3	10	17	6.2792×10^{-5}
Lintasan B	4	B4	10	15	5.5405×10^{-5}
Lintasan B	5	B5	10	9	3.3243×10^{-5}
Lintasan B	6	B6	10	19	7.018×10^{-5}
Lintasan B	7	B7	10	9	3.3243×10^{-5}
Lintasan C	1	C1	10	8	2.9549×10^{-5}
Lintasan C	2	C2	10	16	5.9099×10^{-5}
Lintasan C	3	C3	10	14	5.1711×10^{-5}
Lintasan C	4	C4	10	13	4.8018×10^{-5}
Lintasan C	5	C5	10	19	7.0180×10^{-5}
Lintasan C	6	C6	10	13	4.8018×10^{-5}
Lintasan C	7	C7	10	11	4.0630×10^{-5}
Lintasan D	1	D1	10	14	5.1711×10^{-5}
Lintasan D	2	D2	10	11	4.0630×10^{-5}
Lintasan D	3	D3	10	11	4.0630×10^{-5}

Lintasan D	4	D4	10	15	5.5405×10^{-5}
Lintasan D	5	D5	10	10	3.693×10^{-5}
Lintasan D	6	D6	10	12	4.4324×10^{-5}
Lintasan D	7	D7	10	12	4.4324×10^{-5}
Lintasan E	1	E1	10	14	5.1711×10^{-5}
Lintasan E	2	E2	10	8	2.9549×10^{-5}
Lintasan E	3	E3	10	12	4.4324×10^{-5}
Lintasan E	4	E4	10	14	5.171×10^{-5}
Lintasan E	5	E5	10	13	4.8018×10^{-5}
Lintasan E	6	E6	10	19	7.018×10^{-5}
Lintasan E	7	E7	10	7	2.585×10^{-5}

Selanjutnya, untuk melihat sebaran aktivitas jenis massa kandungan radioisotop di Desa Pukdale maka data pada tabel 3 ditampilkan dalam peta kontur 2D dan 3D seperti pada gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Peta Kontur 2D Nilai Aktivitas Jenis Kandungan Radioisotop Tanah Pertanian Desa Pukdale



Gambar 5. Peta Kontur 3D Nilai Aktivitas Jenis Kandungan Radioisotop Tanah Pertanian Desa Pukdale

Berdasarkan peta 2D dan 3D aktivitas jenis kandungan radioisotop pada setiap lintasan, yaitu lintasan A, B, C, D dan E dapat dilihat bahwa kandungan radioisotop pada tanah pertanian di Desa Pukdale tersebar secara tidak merata. Hal ini sejalan dengan peta 2D dan 3D sebaran kandungan radioisotop yang terbebas dari kontaminasi zat-zat lainnya, dimana sebaran kandungan radioisotop dan juga nilai aktivitas jenis kandungan radioisotop berbanding lurus seperti pada persamaan yang digunakan.

Berdasarkan sebaran kandungan radioisotop dalam penelitian ini menunjukkan bahwa tanah pertanian di Desa Pukdale Kecamatan Kupang Timur benar adanya mengandung radioisotop yang dapat menjadi sumber Radioaktif. Menurut Inacio [10] suatu daerah dikatakan prospek mengandung radioisotop jika rasio cacah lapangan dengan cacah latar lebih besar dari 3 cpm, sedangkan pada kenyataannya cpm yang didapat saat di lapangan dan juga setelah dilakukan analisis laboratorium lebih besar dari 3 cpm yang dimana nilai cpm laboratorium berkisar dari 7-20 cpm. Selanjutnya berdasarkan nilai aktivitas jenis massa kandungan radioisotop yang didapatkan setelah analisis laboratorium memiliki nilai berkisar dari $2,5855 \times 10^{-5}$ - $7.387 \times 10^{-5} \mu\text{Ci/gram}$ hal ini sejalan dengan penelitian Tiro [11] yang membagi daerah kontaminasi, oleh karena itu daerah penelitian ini termasuk dalam daerah kontaminasi sedang karena tingkat kontaminasinya lebih dari $0.99 \times 10^{-5} \mu\text{Ci/gram}$ dan kurang dari $9.99 \times 10^{-5} \mu\text{Ci/gram}$.

Hau [5] menyatakan bahwa angin dan topografi suatu daerah dapat mempengaruhi tingkat kontaminasi radioisotop pada daerah pertanian. Sebaran kandungan radioisotop pada lokasi penelitian tidak terdapat pada satu titik saja tetapi menyebar merata membentuk kelompok-kelompok, hal ini dapat dilihat pada peta 2D dan 3D sebaran radioisotop. Aktivitas jenis massa kandungan radioisotop tertinggi kebanyakan terdapat pada daerah yang bertopografi rendah dan sebaliknya aktivitas jenis massa kandungan radioisotop terendah terdapat pada daerah bertopografi tinggi. Hal ini patut diduga karena pada saat hujan, tanah yang mengandung unsur-unsur radioaktif terbawa oleh aliran air hujan ke daerah yang lebih rendah sehingga terjadi penumpukan yang mengakibatkan aktivitas jenis massa kandungan radioisotop di daerah yang rendah lebih tinggi. Angin juga dapat membawa radioisotop dari daerah yang tinggi ke daerah yang rendah. Selain itu ada beberapa titik yang terdapat pada topografi tinggi namun memiliki nilai aktivitas jenis yang tinggi. Hal ini dapat saja terjadi karena meskipun berada pada daerah ketinggian, namun radioisotop mungkin saja mengendap dengan baik di dalam tanah. Adapun rasio pemupukan yang dilakukan oleh para petani tidak merata pada tanah pertanian sehingga menyebabkan pada titik-titik pengukuran tertentu memiliki nilai sebaran kandungan radioisotop yang tinggi dan juga rendah.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Kandungan radioisotop dalam sampel tanah pertanian di Pukdale Kabupaten Kupang Kecamatan Kupang Timur berdasarkan dari aktivitas jenis berkisar dari $(2,5855 \times 10^{-5} - 7.387 \times 10^{-5}) \mu\text{Ci/gram}$.

2. Sebaran kandungan radioisotop yang terdapat dalam sampel tanah pertanian di Desa Pukdale Kabupaten Kupang Kecamatan Kupang Timur tersebar tidak merata hal ini terlihat dari nilai cpm lapangan, cpm laboratorium dan juga nilai aktivitas jenis.
3. Kontaminasi radioisotop pada lingkungan persawahan di Desa Pukdale Kecamatan Kupang Timur tergolong ke dalam daerah kontaminasi sedang yang dimana masih dalam batas toleransi.

Daftar Pustaka

- [1] Lediyan R.W, "pupukorganik," *Kementrian Pertan. Indones.*, 2022.
- [2] P. Chauhan, R. P. Chauhan, and M. Gupta, "Estimation of naturally occurring radionuclides in fertilizers using gamma spectrometry and elemental analysis by XRF and XRD techniques," *Microchem. J.*, vol. 106, pp. 73–78, Jan. 2014, doi: 10.1016/j.microc.2012.05.007.
- [3] M. Santi Wargo *et al.*, "Pendapatan dan Titik Impas Pada Usahatani Padi di Desa Pukdale Kecamatan Kupang Timur Kabupaten Kupang," *J. Excell.*, no. 1, 2021.
- [4] R. Genesa Hatika, "Penentuan Bahan Radioaktif Alami (Norm) dalam Pupuk Kimia Menggunakan Spektrometri Sinar Gama Determination of NORM in Chemical Fertilizer using Gamma Ray Spectrometry," Cetak, 2018. [Online]. Available: <http://ojs.unm.ac.id/index.php/sainsmat>
- [5] Ha'u Y, "Pemetaan Sebaran Kandungan Radioisotop Berdasarkan Cacah Lapangan di Daerah Persawahan Tarus Dan Tilong Kupang Tengah.," *Fisikadanaplikasinya*, 2020.
- [6] R. Gao *et al.*, "Effects of long-term application of organic manure and chemical fertilizer on soil properties and microbial communities in the agro-pastoral ecotone of North China," *Front. Environ. Sci.*, vol. 10, Sep. 2022, doi: 10.3389/fenvs.2022.993973.
- [7] B. Sharma and L. R. Singh, "Pharmaceutical gels for topical drug delivery: An overview," 2018. [Online]. Available: www.pharmacyjournal.in
- [8] B. P. H. I. S. Maria Eva Susanthi Bere, "Pemetaan Distribusi Paparan Radioisotop Pada Daerah Persawahan di Oesena Akibat Kontaminasi Dari Sumber Radioisotop," *J. Magn. Unisap*, 2016.
- [9] M. Selviana Tay, A. Z. Johannes, L. A. Lapono, and B. Pasangka, "Kajian Kandungan Radioisotop Alam Dalam Sampel Batuan di Desa Oben Baun Kupang Barat Dengan Teknik Analisis Radioaktivitas Lingkungan," 2018.
- [10] P. Inacio, A. Z. Johannes, and B. Pasangka, "Investigasi Kandungan Radioisotop Dalam Sampel Sumber Mata Air di Desa Laleten Kecamatan Weliman Kabupaten Malaka," 2018.
- [11] V. Tiro, B. Pasangka, and J. Tarigan, "Investigasi Pergeseran Pusat Akumulasi Kandungan Radioisotop dalam Deposit Mineral oleh Proses Migrasi di Desa Oesu'u Kupang Timur," 2023.